

Interhemisphärische Integration
visueller verbaler und figural-räumlicher
Informationen

ABHANDLUNG

zur Erlangung der Doktorwürde
der Philosophischen Fakultät I
der Universität Zürich

vorgelegt von
JEAN-MARC BERGER
von Savagnier NE

Angenommen auf Antrag von
Herrn Prof. Dr. F. Stoll

ADAG Administration & Druck AG

Zürich 1986

Interhemisphärische Integration visueller verbaler und figural-räumlicher Informationen

ABHANDLUNG

zur Erlangung der Doktorwürde
der Philosophischen Fakultät I
der Universität Zürich

vorgelegt von
JEAN-MARC BERGER
von Savagnier NE

Angenommen auf Antrag von
Herrn Prof. Dr. F. Stoll

ADAG Administration & Druck AG

Zürich 1986



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41507228_0046

VORWORT

Am Entstehen dieser Arbeit waren verschiedene Personen hilfreich beteiligt, welchen an dieser Stelle allen gedankt sein soll. Diese Arbeit wurde an der Neuropsychologischen Abteilung des Universitätsspitals Zürich durchgeführt. Mein besonderer Dank gilt dem Abteilungsleiter, Herrn Professor Etienne Perret, für dessen kompetente fachliche Unterstützung in ungezählten Besprechungen und für die gelegentlich notwendige freundschaftliche Ermunterung. Herrn Professor F. Stoll sei herzlich gedankt für seine spontane und uneingeschränkte Bereitschaft, diese Arbeit vor der Fakultät zu vertreten.

Gleichermassen notwendige Voraussetzung für das Entstehen dieser Arbeit war die konstruktive Beteiligung und die freundschaftliche Unterstützung durch meinen Arbeitskollegen Markus Vetsch bei allen Hard- und Software-Problemen. Besonders das sporadische Abändern und Austesten von ASSEMBLER-Subroutinen hat beim Autor bleibende Eindrücke hinterlassen.

Verschiedene Studenten haben sich als Versuchsleiter verdient gemacht, wobei die interessierte und kritische Mitarbeit von Frau Annemarie Zimmermann besonders erwähnt sein soll.

Mein Dank gilt auch den Versuchspersonen, die sich alle freiwillig zur Verfügung gestellt haben und als Gegenleistung - post hoc - einzig einen kleinen Einblick in neuropsychologische Forschungsweise erhielten.

Ich widme diese Arbeit meiner Frau Ursula, sowie Marilena, Sebastian und Raffaella, welche die gefühlsmässigen Voraussetzungen dafür geschaffen haben, um mich mit Engagement in diese Materie vertiefen zu können.

Diese Arbeit wurde durch den Schweizerischen Nationalfonds, Kredit Nr. 3.771.80 an Professor E. Perret, sowie durch die Sandoz-Stiftung für Medizinische und Biologische Forschung finanziell unterstützt.

INHALT

1. EINLEITUNG	8
2. DIE TACHISTOSKOPIE IN DER NEUROPSYCHOLOGIE	11
2.1. Anatomische Grundlagen und die Funktionsweise des Tachistoskopes	11
2.2. Der Begriff der Hemisphärenasymmetrie	14
2.3. Einblick in die bestehende Literatur	17
2.3.1. Die Gegenüberstellung der Gesichtsfelder	18
2.3.2. Beeinflussende Variablen	20
2.3.2.1. Stimuluseigenschaften	20
2.3.2.2. Aufgabenstellung	22
2.3.2.3. Versuchspersonen	26
2.3.3. Methodenspezifische Probleme	27
2.3.4. Fazit	30
3. ENTWICKLUNG DER FRAGESTELLUNG	31
3.1. Interhemisphärische Integration statt reine Gegenüberstellung	31
3.2. Die zerebralen Kommissuren	33
3.3. Literatur zur interhemisphärischen Integration	35
3.3.1. Simultane Darbietung der Stimulusteile	36
3.3.2. Sequentielle Darbietung der Stimulusteile	39
3.3.3. Resümee	42
3.4. Modelle hemisphärischer Spezialisierung und interhemisphärischer Zusammenarbeit	43
3.4.1. Die Modell-Klassifikation nach Allen (1983)	44
3.4.2. Das hierarchische Informationsverarbei- tungs-Modell von Moscovitch (1986)	49
3.4.3. Die Hemisphären als unabhängige Ressour- censysteme (Friedman & Polson, 1981)	51
3.5. Fazit	53
4. INSTRUMENTARIUM	55
4.1. Hardware	55
4.2. Die individuelle Abstimmung der Apparatur	59
4.3. Die möglichen Quellen von Artefakten	60

5. VOREXPERIMENT	64
5.1. Methode	64
5.1.1. Versuchspersonen	64
5.1.2. Stimuli	65
5.1.3. Durchführung	66
5.2. Resultate	68
5.3. Diskussion	72
5.4. Methodische Schlussfolgerungen für die weiteren Experimente	75
6. EXPERIMENTE MIT VERBALEM MATERIAL	77
6.1. Simultane Präsentation	78
6.1.1. Methode	78
6.1.1.1. Versuchspersonen	78
6.1.1.2. Stimuli	78
6.1.1.3. Durchführung	80
6.1.2. Resultate	81
6.1.3. Diskussion	82
6.2. Sequentielle Präsentation	84
6.2.1. Methode	84
6.2.1.1. Versuchspersonen	84
6.2.1.2. Stimuli	85
6.2.1.3. Durchführung	86
6.2.2. Resultate	86
6.3. Diskussion	89
6.3.1. Intrahemisphärische Interferenz	91
6.3.2. Interhemisphärische Kooperation	93
6.3.3. Interhemisphärische Aktivierung	94
7. EXPERIMENT MIT BILDHAFT-VERBALEM MATERIAL	97
7.1. Methode	98
7.1.1. Versuchspersonen	98
7.1.2. Stimuli	98
7.1.3. Durchführung	101
7.2. Resultate	102
7.3. Diskussion	104
7.3.1. Verwischung von Konturen durch ungewohnte Anordnung	105
7.3.2. Verwischung von Konturen durch bildhafte Darstellungsart	106
7.3.3. Minimaler Einfluss von Lesegewohnheit?	107
7.3.4. Spekulation: nur bedingte interhemisphärische Kooperation	108

8. EXPERIMENTE MIT FIGURAL-RAUMLICHEM MATERIAL	113
8.1. Methode	114
8.1.1. Versuchspersonen	114
8.1.2. Stimuli	115
8.1.3. Durchführung	117
8.2. Resultate	118
8.3. Diskussion	121
8.4. Kontrollexperiment	122
8.4.1. Methode	122
8.4.1.1. Versuchspersonen	122
8.4.1.2. Stimuli	122
8.4.1.3. Durchführung	123
8.4.2. Resultate	123
8.5. Allgemeine Diskussion	125
8.5.1. Keine Hinweise auf eine kooperative Interaktion	127
8.5.2. ... sondern eher auf eine mangelhafte Kooperation	129
8.5.2.1. Ungenügende Kapazität der linken Hemisphäre	130
8.5.2.2. Empfangsprobleme der rechten Hemisphäre	131
8.5.2.3. Frage der Transmission	132
9. EXPERIMENT MIT VERSCHIEDEN KODIERBAREM MATERIAL ...	133
9.1. Methode	134
9.1.1. Versuchspersonen	134
9.1.2. Stimuli	136
9.1.3. Durchführung	138
9.2. Resultate	139
9.3. Diskussion	141
9.3.1. Art des kognitiven Stils hat keinen Einfluss	143
9.3.2. Verbesserte interhemisphärische Integration durch Ausdifferenzierung der Hemisphären	143
9.3.3. ... oder eher durch Ähnlichkeit der Hemisphären	145
10. EXKURS	148
10.1. Der Einfluss von Augenbewegungen	148
10.1.1. Resultate	149
10.1.2. Diskussion	153
10.2. "Quadranteneffekte"	155
10.2.1. Resultate	156
10.2.2. Diskussion	157

11. RÜCKBEZÜGE, SYNTHESE, SCHLUSSFOLGERUNGEN	159
11.1. Rekapitulation der bestehenden Daten	159
11.2. Materialeigenschaften korrelieren mit Resultaten	161
11.3. Materialspezifität und Hemisphären- spezialisierung	165
11.4. Kooperative Interaktion der Hemisphären	166
11.4.1. Kooperative Interaktion bei verbalem Material	167
11.4.2. Kooperavite Interaktion bei leicht verbalisierbarem figural-räumlichem Material	168
11.4.3. Fehlende kooperative Interaktion bei spezifisch figural- räumlichem Material	169
11.4.4. Simultane und bilaterale Stimulation als notwendige Voraussetzung	170
11.5. Die Hemisphären als komplementäre Informationsverarbeitungssysteme	172
11.5.1. Zusammenfassung der grundlegenden Aspekte	173
11.5.2. Rückbezüge auf Modellvorstellungen	176
11.5.3. Ausblick	179
12. ZUSAMMENFASSUNG	181
13. REFERENZEN	183
14. ANHANG	199
14.1. Tabellen	199
14.1.1. Experiment mit verbalem Material, simultane Darbietung	199
14.1.2. Experiment mit verbalem Material, sequentielle Darbietung	199
14.1.3. Experiment mit bildhaft-verbalem Material	200
14.1.4. Vorexperiment, bezüglich linkes Auge	200
14.1.5. Vorexperiment, bezüglich rechtes Auge	201
14.1.6. Experiment mit verbalem Material, simultane Darbietung	201
14.1.7. Experiment mit verbalem Material, sequentielle Darbietung	202
14.1.8. Experiment mit bildhaft-verbalem Material, ausgeschriebene Darstellungsart	202
14.1.9. Experiment mit bildhaft-verbalem Material, bildhafte Darstellungsart	203
14.1.10. Hauptexperiment mit figural- räumlichem Material	203

14.1.11.	Kontrollexperiment mit figural- räumlichem Material	204
14.1.12.	Experiment mit verschieden kodierbarem Material	204
14.1.13.	"Quadranteneffekte"	205
14.2.	Stimulusmaterial	206
14.2.1.	Adjektivpaare des Experimentes mit verbalem Material, simultane Darbietung	206
14.2.2.	Adjektivpaare des Experimentes mit verbalem Material, sequentielle Darbietung	207
14.2.3.	Komposita des Experimentes mit bildhaft-verbalem Material	209
LEBENS LAUF		211

1. EINLEITUNG

Die interhemisphärische Integration visueller Informationen mag als Thema einer neuropsychologischen Dissertationsarbeit auf den ersten Blick etwas diffus und allgemein erscheinen. Im Bestreben, Gehirn und Verhalten miteinander zu korrelieren und auch möglichst spezifische Hirnfunktionen zu isolieren, gelangte man in den letzten Jahren zu immer spezifischeren Reizsituationen, zu immer kleineren Variationen des Reizmaterials, welche dann als Grundlage zur Erklärung beobachteter Verhaltensvariationen herhalten mussten. Das gilt insbesondere für die zur Hauptsache durch tachistoskopische Experimente vorangetriebene Forschung im Bereich der Hemisphärenasymmetrie.

Wir wollen einzelnen experimentellen Fragen – ob Vokale gegenüber Konsonanten, aufrecht gegenüber verkehrt dargebotene Gesichter unterschiedliche Ergebnismuster zeigen – ihre Berechtigung ja gar nicht absprechen. Dennoch ist mindestens bemerkenswert, dass die grosse Menge an tachistoskopischer Literatur durch die Berücksichtigung solch minimaler Variationen entstanden ist, ohne dass ein auch nur annähernd proportionaler Wissenszuwachs zu verzeichnen gewesen wäre. Gravierender scheint jedoch, dass auf der Suche mit der Lupe nach den kleinsten relevanten Unterschieden grundlegende Mechanismen aus den Augen verloren oder a priori übergangen wurden. Grundlegende Mechanismen wie z.B. die Zusammenarbeit der beiden Hemisphären. Wir wissen in etwa, welche besonderen Fähigkeiten die beiden Hemisphären auszeichnen, wissen aber praktisch gar nichts darüber, wie interhemisphärische Informationsintegration abläuft. Diese Diskrepanz des Wissensstandes war die Triebfeder für das Entstehen dieser Arbeit und ist die Legitimation für die Allgemeinheit der Überschrift.

Die vorliegende Arbeit gliedert sich im wesentlichen in drei Hauptteile, in eine theoretische Einführung, die Darstellung eigener Experimente und die Synthese unserer Resultate unter Rückbezug auf vorbestehende Resultate und Theorieansätze. In Kapitel 2 wird eine allgemeine Einführung in die Methodik und ein Einblick in die bisherigen Resultate der Hemisphärenasymmetrie-Forschung gegeben, an die wir uns methodisch anlehnen und auf deren Resultaten wir basieren. Kapitel 3 leitet zu unserer Fragestellung über und beinhaltet Resultate und Modellansätze, die unsere Fragestellung im engeren Sinne betreffen. Kapitel 4 und 5 befassen sich mit unserem konkreten Instrumentarium, welches gewisse Besonderheiten aufweist, und Kapitel 10, als Exkurs, vermittelt Resultate, die aus diesen Besonderheiten erwachsen. Kapitel 6 bis 9 beschreiben die Experimente, welche die zentrale Thematik, die interhemisphärische Integration visueller Informationen, betreffen. In Kapitel 11 schliesslich wird versucht, aus allen verfügbaren Daten Gesetzmässigkeiten herauszulesen und in einer allgemeinen Sichtweise festzuhalten.

Noch einige notwendige Anmerkungen zu formalen Aspekten: Die Reihenfolge in der Darstellung der Experimente entspricht inhaltlichen Kriterien, nicht der Reihenfolge der Durchführung. Weil jedes der Kapitel 6 bis 9 separat sollte gelesen werden können, ergaben sich gewisse Wiederholungen, besonders was die Methodenbeschreibung anbelangt. Das ist zwar nicht elegant, dafür aber praktisch. Wichtige Tabellen wurden in den Textteil aufgenommen, Garnitur hingegen in den Anhang verbannt. Für diese Zuteilung gab das wiederum praktische Kriterium der möglichst leichten Lesbarkeit den Ausschlag. Abkürzungen wurden bewusst sehr spärlich verwendet. Sie entsprechen der Einfachheit halber denjenigen der englischsprachigen Literatur und sind in jedem grösseren Kapitel bei erstmaliger Verwendung erklärt. Gelegentlich wurden bei vom Autor ins Deutsche übersetzten

wichtigen Begriffen in Klammer der englische Originalbegriff beigelegt. Das verfolgt den ausschliesslichen Zweck, Missverständnissen vorzubeugen, falls jemand in der zu 99.9% englischen Originalliteratur nach den entsprechenden Begriffen suchen will.

2. DIE TACHISTOSKOPIE IN DER NEUROPSYCHOLOGIE

Bei der Erforschung der Funktionsweise der beiden Hirnhemisphären ist das Tachistoskop eine sehr häufig verwendete, auf die visuelle Modalität ausgerichtete Untersuchungsmethode. Die entsprechende experimentelle Methode in der auditiven Modalität, das dichotische Hören, und auch taktile Untersuchungen haben eher noch stärker einschränkende methodische Besonderheiten, so dass tachistoskopische Experimente – nebst spezifischen kognitiven Testverfahren – eine der Hauptquellen neuropsychologischen Erkenntnisgewinns sind.

2.1. ANATOMISCHE GRUNDLAGEN UND DIE FUNKTIONSWEISE DES TACHISTOSKOPES

Mit dem Tachistoskop werden visuelle Reize parafoveal in das linke oder rechte Gesichtsfeld projiziert. Die Versuchsperson muss dabei einen vorgegebenen Fixationspunkt fokussieren, und die visuellen Reize dürfen nur für sehr kurze Zeit präsentiert werden, so dass mittels reaktiver Augenbewegungen der gezeigte Stimulus nicht mehr fixiert und foveal gesehen werden kann. Gemäss den Angaben von Young (1982, 14–15) sind 150 Millisekunden (ms) eine hinreichend kurze Expositionszeit. Freilich kann auch mittels technischer Einrichtungen sichergestellt werden, dass der gezeigte Stimulus nicht foveal gesehen wird, womit dann auch längere Expositionszeiten möglich sind.

Aufgrund der anatomischen Gegebenheiten (vgl. Abbildung 1) gelangen die Reize des linken Gesichtsfeldes beider Augen (left visual field, LVF) in die rechte Hemi-

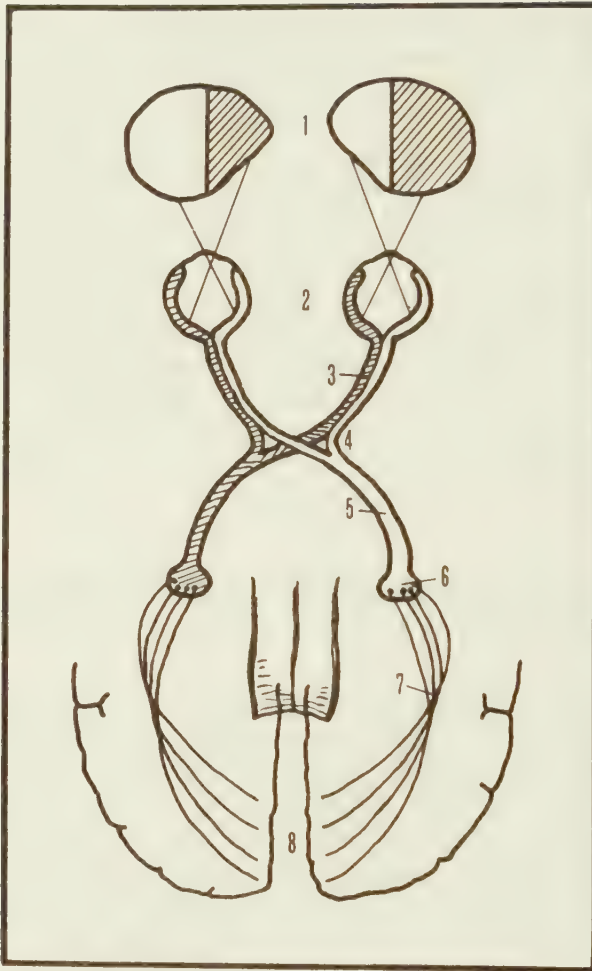


Abbildung 1 Durch die anatomischen Gegebenheiten gelangen die Reize des LVF in die RH und die Reize des RVF (schraffiert) in die LH. 1 = Gesichtsfelder, 2 = Augen, 3 = Nervus opticus, 4 = Chiasma opticum, 5 = Tractus opticus, 6 = Corpus geniculatum laterale, 7 = Sehstrahlung, 8 = okzipitaler Kortex. Vereinfacht nach Duus (1980, 113).

sphäre (RH) und umgekehrt die Reize des rechten Gesichtsfeldes (right visual field, RVF) in die linke Hemi-

sphäre (LH). Obwohl sich gemäss physiologischen Angaben die Gesichtsfelder im Bereich der Fovea in der Grössenordnung von etwa 3° überschneiden (Harrington, 1971), scheint aufgrund von Reaktionszeitmessungen (Lines & Milner, 1983) die funktionelle Abgrenzung zwischen den beiden Gesichtsfeldern sehr scharf, der überschneidende Bereich, von welchem Reize in beide Hemisphären projiziert werden, also vernachlässigbar klein. Beaumont (1982, 12-14) hat die diesbezüglichen Angaben gut zusammengefasst.

Von der Retina gelangen die Abbildungen der visuellen Reize über den Nervus opticus (2. Hirnnerv), das Chiasma opticum und den Tractus opticus zum Corpus geniculatum laterale und von dort weiter über die Sehstrahlung zum Okzipitallappen des Kortex. Etwas vereinfachend wird von diesem Weg häufig als von den Sehbahnen gesprochen.

In der Sehrinde des Okzipitallappens, im Sulcus calcarinus (Brodmannsche Area 17), wird das visuelle Erregungsmuster der Netzhaut in der gleichen Punkt-zu-Punkt-Anordnung (retinotopisch) abgebildet. Die bis anhin nur projizierten Reize werden nun im Kortex weiterverarbeitet. Der nächste Wahrnehmungsschritt führt noch zwingend über die angrenzenden Rindengebiete des Okzipitallappens, zu den Areae 18 und 19. Von diesen Gebieten aus bestehen dann aber mannigfaltige Faserverbindungen, sowohl intrahemisphärisch zu den ipsilateralen Temporal- und Parietallappen (Bear, 1982), als auch interhemisphärisch zu den okzipitalen Rindengebieten der kontralateralen Hemisphäre (Elliott, 1969).

Für weitergehende anatomische und physiologische Angaben sei auf Carterette und Friedman (1975) verwiesen. Es ist der Vollständigkeit halber aber doch anzumerken, dass das visuelle System anatomisch gesehen noch ein weiteres Subsystem beinhaltet, dessen Verbindungen über andere subkortikale Strukturen ebenfalls zum Kortex laufen. Dieses

zweite Subsystem dient aber anderen, grundlegenden Funktionen als der Form- und Farbwahrnehmung, weshalb hier nicht weiter darauf eingegangen wird (siehe allenfalls Duus, 1980, 115, oder auch Kolb & Whishaw, 1980, 190).

2.2. DER BEGRIFF DER HEMISPHARENASYMMETRIE

Längst schon ist bekannt, dass das Gehirn funktionell asymmetrisch organisiert ist, dies im Gegensatz zu einer weitgehenden anatomischen Symmetrie (siehe aber Galaburda, 1984, der die insgesamt geringfügigen anatomischen Asymmetrien zusammenfasst). Um nicht auch hier Adam und Eva in die Thematik zu involvieren, sei für historische Angaben auf Walsh (1978), Springer und Deutsch (1981) und De Renzi (1982) verwiesen, wo in entsprechend betitelten Kapiteln der Fortschritt des Wissensstandes dargelegt ist und die klingenden Namen dazu aufgeführt sind.

Der heutige Stand des Wissens ist im wesentlichen der, dass die LH für alle mit Sprache zusammenhängenden Prozesse der RH überlegen ist; die LH ist also die für Sprache spezialisierte, die für Sprache "dominante" Hemisphere. Umgekehrt ist die RH in der Verarbeitung figural-raumlicher und musikalischer Informationen der LH überlegen. Über diese grundlegende, vorsichtig formulierte Aussage durfte weitgehend Einigkeit bestehen. Sie wurde vielfach bestätigt anhand von Untersuchungen an unilateral hirngeschädigten Patienten (Walsh, 1978), an Patienten mit durchtrenntem Corpus callosum (Gazzaniga, 1970), sowie auch anhand von Experimenten mit Normalversuchspersonen (Bryden, 1982).

Damit freilich ist der Konsens erschöpft. Jenseits der oben aufgeführten, unscharfen Definition ergeben sich diverse strittige Punkte sowohl inhaltlicher als auch mehr

methodischer Natur, welche zumindest der Erwähnung bedürfen.

Generell stellt sich die Frage, wie ausgeprägt die Überlegenheit der LH bezüglich sprachlicher Kompetenzen ist (Eling, 1981). Es wird heutzutage kaum mehr die These vertreten, ausschliesslich die LH könne sprachliche Informationen verarbeiten. Am anderen Ende des Kontinuums gibt es aber Ansätze, die für beobachtete Verhaltensasymmetrien hauptsächlich Aktivierungs- und Aufmerksamkeits-Variablen (Kinsbourne, 1970, 1975; Lempert & Kinsbourne, 1982) oder rein sensorische Stimulus-Charakteristika (Sergent, 1983a, 1984a) verantwortlich machen und die Spezialisierung der Hemisphären für bestimmte – eben verbale oder figural-räumliche – Materialien sehr stark in den Hintergrund stellen. Versuche, die Hemisphärenasymmetrie mittels Lateralitätsindizes zu messen (Sprott & Bryden, 1983) ändern nichts an dieser grundsätzlichen Problematik.

Eine weitere Frage ist die, welche Hemisphäre bezüglich bestimmter Teilfunktionen zur Hauptsache verantwortlich ist. So ist zwar unbestritten, dass die Sprachproduktion im engeren Sinne und der eigentliche Sprechakt ausschliesslich eine Fähigkeit der sprachdominanten LH ist. Umstritten aber ist beispielsweise die Frage, ob bei der Wahrnehmung der Sprachprosodie, also gleichsam des melodischen Aspektes der Sprache, nicht die RH massgeblich beteiligt ist (Hartje, Willmes & Weniger, 1985).

Ein umstrittenes Gebiet sind auch die emotionalen Prozesse (Campbell, 1982; Heilman & Satz, 1983), welche mit noch weit grösserer Unsicherheit als die kognitiven Prozesse mit einzelnen Hirnarealen verbunden werden können.

Ein wichtiges methodisches Problem in der Erforschung der Hemisphärenasymmetrie stellt die Übertragbarkeit von Schlussfolgerungen aus Patientendaten auf die normale Funk-

tionsweise des nicht-lädierten menschlichen Gehirns dar. Wenn beispielsweise festgestellt wird, dass die RH von Patienten mit durchtrenntem Corpus callosum (Verbindungsstränge zwischen den Hemisphären) sehr wohl visuell dargebotene Wörter versteht, also über einige sprachliche Kompetenzen verfügt (Sperry, 1982), so ist damit noch lange nichts Gultiges ausgesagt über die Beteiligung der RH in dieser Funktion in einem gesunden Gehirn. Möglicherweise hat die RH erst nach der Isolierung von der LH einige sprachliche Kompetenzen erworben. Oder umgekehrt: Die vielleicht recht elaborierten sprachlichen Fähigkeiten der gesunden RH sind möglicherweise von der Aktivität der LH abhängig (was von Zaidel & Schweiger, 1984, 356, vermutet wird), und folglich durch die Isolierung von der LH nicht mehr vollumfänglich mobilisierbar. Das unbesehene Übertragen von Schlussfolgerungen aus Patientenstudien auf die funktionelle Organisation des normalen Gehirns kann also Tücken in sich bergen. Sergent (1984b) vermittelt zu dieser Problematik noch weitere Überlegungen.

Letztlich sei noch darauf hingewiesen, dass die Beschreibung der Hemisphärenasymmetrie mittels "verbal vs. figural-räumlich plus musikalisch" zwar praxis- und forschungsrelevant, aber ungücklich ist. Erstens, weil damit die Fähigkeiten der RH als Sammelsurium deklariert werden, das sich inhaltlich am rationellsten mit "nicht-verbal" umschreiben liesse (die negative Definition "nicht-verbal" war übrigens vor allem im klinischen Bereich längere Zeit gebräuchlich). Zweitens ist die Gegenüberstellung verbal vs. figural-raumlich-musikalisch keine echte Dichotomie. Aus dem Bedürfnis heraus, die Funktionen des menschlichen Gehirns kohärent zu beschreiben, wurden zwar echte Dichotomien zur Beschreibung der Hemisphärenasymmetrie herangezogen. Die wohl aus der kognitiven Psychologie (Paivio, 1971) entlehnten Begriffspaare abstrakt-konkret, sequentiell-parallel oder analytisch-holistisch

beschreiben aber die funktionellen Unterschiede der Hemisphären nicht erschöpfend. Dennoch hat sich die Dichotomie analytisch (statt verbal) vs. holistisch (statt figural-räumlich) in der visuellen Modalität als zumindest brauchbar erwiesen und wird dementsprechend recht häufig zur Erklärung experimenteller Resultate benutzt (siehe hierzu z.B. Bagnara, Boles, Simion & Umiltà, 1982).

Es schien angezeigt, im Zusammenhang mit Hemisphärenasymmetrie auch einige strittige Fragen anzuschneiden. Die Einführung in eine Thematik sollte auch die wichtigsten, grundlegenden Probleme erwähnen. Weitere ungelöste Fragen und Probleme werden am Ende des folgenden Kapitels aufgeworfen, im Zusammenhang mit dem Tachistoskop als Methode der Neuropsychologie. Zum Begriff der Hemisphärenasymmetrie werden aber in verschiedenen Zusammenhängen noch zusätzliche Erläuterungen fällig werden.

2.3. EINBLICK IN DIE BESTEHENDE LITERATUR

Wohl nicht zuletzt dank unbestreitbarer praktischer Vorteile der tachistoskopischen Methode - einfache Stimulus-Fabrikation, effiziente Datenerhebung - hat sich in der Neuropsychologie im Laufe der Jahre eine monumentale Masse tachistoskopischer Literatur angehäuft, die zu überschauen praktisch nicht möglich ist. Deshalb soll hier anstelle eines Überblicks eher ein repräsentativer, strukturierter Einblick in die bestehende Literatur gegeben werden. Die Klassiker aus der Pionierzeit der Tachistoskopie, Orbach (1952), Mishkin und Forgays (1952) und Heron (1957), sollen nur gerade mit diesem Hinweis bedacht werden. Die bestehende Literatur wird also schwerpunktmässig und nicht erschöpfend abgehandelt.

2.3.1. Die Gegenüberstellung der Gesichtsfelder

Aufgrund der Hemisphärenasymmetrie wird bei hirngesunden Versuchspersonen erwartet, dass die Wahrnehmungsleistung in den entsprechenden Gesichtsfeldern unterschiedlich ist, dass sprachliches Material im rechten Gesichtsfeld (RVF) besser erkannt wird als im linken Gesichtsfeld (LVF). Nehmen wir vorläufig einfach an, weil eben vom RVF eine direkte Verbindung zur linken Hemisphäre (LH) besteht, vom LVF aber nur eine indirekte. Analog kann angenommen werden, dass figural-räumliches Material im LVF besser erkannt wird, weil von dort der direkte Weg zur rechten Hemisphäre (RH) führt.

Tatsächlich zeigte sich, dass verbales Material wie einzelne Buchstaben (White, 1971), Ziffern (Hines & Satz, 1971), Wörter (McKeever & Huling, 1971a), Buchstabenserien (Rosen, Curcio, Mackavey & Hebert, 1975) und Nonsense-Wörter (Young, Ellis & Bion, 1984) in der Regel im RVF signifikant besser erkannt wird als im LVF. Vertikale gegenüber horizontaler Stimulusanordnung (Mackavey, Curcio & Rosen, 1975), Bildhaftigkeit von Wörtern (Lambert & Beaumont, 1981, 1983) und Wortart (Hines, 1976) schienen dabei keine wesentliche Rolle zu spielen. Widersprüchliche Angaben liegen vor, inwieweit z.B. die Abstraktheit bzw. Konkretheit von Wörtern einen Einfluss auf Gesichtsfeldasymmetrien ausübt (Beaumont, 1982, 59).

Umgekehrt gibt es weniger Studien, in welchen mit figural-räumlichem Material eine Überlegenheit des LVF erzielt wurde. Als Beispiele erwähnt seien: das Unterscheiden von komplexen geometrischen Figuren (Umiltà, Bagnara & Simion, 1978), das Erkennen von Zufallsformen (Dee & Fontenot, 1973), das Erkennen von Gesichtern (Sergent & Bindra, 1981; Proudfoot, 1982), das Unterscheiden der Kurvatur von Bogenlinien (Hatta, 1977), die Aufzählung von

Punkten (enumeration of dots; Kimura, 1966) und die Tiefenwahrnehmung (Durnford & Kimura, 1971). Bei der räumlichen Lokalisation von Stimuli existieren widersprüchliche Angaben, es wurden sowohl Unterschiede zugunsten des LVF als auch zugunsten des RVF als auch gar keine Unterschiede gefunden (Davidoff, 1982, 41).

Ganz allgemein ist anzumerken, dass die Überlegenheit des LVF für figural-räumliche Materialien viel unstabiler und schwieriger zu replizieren ist als die Überlegenheit des RVF für verbales Material. Über die gesamte Literatur betrachtet besteht ein Bias zugunsten der LH. Das mag damit zusammenhängen, dass häufig figural-räumliches Material verwendet wurde, welches gut verbalisierbar war oder dass mit eher figural-räumlichem Material eine Aufgabe gestellt wurde, die eine verbale Operation beinhaltete. So resultierte mit Bildern von gezeichneten Gegenständen (Young & Bion, 1981) oder mit einfachen geometrischen Figuren (Kreis, Dreieck, etc.; Umiltà et al., 1978) eher eine Überlegenheit des RVF. Bei der Wahrnehmung der Orientierung gezeichneter Linien schien die Abstufung zwischen den einzelnen Stimuli, ob sie sich um 45° oder nur um 15° unterschieden, entscheidend zu sein: Bei Umiltà, Rizzolatti, Marzi, Zamboni, Franzini, Camarda und Berlucchi (1974) resultierte eine RVF-Überlegenheit mit 45-Grad-Abstufung und eine LVF-Überlegenheit mit 15-Grad-Abstufung, wahrscheinlich weil im ersten Fall eine verbale Strategie sehr einfach möglich war, im zweiten Fall aber eine verbale Strategie der feineren Stimulus-Variation nicht gerecht werden konnte. Hatta (1978) erzielte mit dem reinen Ablesen der Zeit von gezeichneten Analoguhren eine Überlegenheit des LVF, wenn aber eine Zeitkonstante addiert werden musste eine Überlegenheit des RVF. Zwar geschieht auch das Umgekehrte, ein unerwarteter Shift in Richtung des LVF, allerdings sehr viel seltener: Bei Gibson, Dimond und Gazzaniga (1972) führte eine Wortvergleichs-Aufgabe (word

matching) zu einer LVF-Überlegenheit, was den Schluss zulässt, dass der Wortvergleich kaum semantisch (linkshemisphärisch), sondern wohl eher gestalthaft (rechtshemisphärisch) stattgefunden hatte.

2.3.2. Beeinflussende Variablen

Es gibt in tachistoskopischen Experimenten eine Vielzahl von Variablen, welche die Resultate zum Teil so stark beeinflussen können, dass je nach Variablenausprägung die signifikante Überlegenheit des einen Gesichtsfeldes verschwinden oder sich sogar in eine signifikante Überlegenheit des anderen Gesichtsfeldes verwandeln kann. Die intensive Suche nach diesen kleinen Ursachen mit grosser Auswirkung hat sicher zur Unüberschaubarkeit der tachistoskopischen Literatur beigetragen. Die wenigsten Variablen hat man aber wirklich im Griff, man weiss oft nicht, in welcher Richtung und vor allem wie stark sie sich auswirken können. In der folgenden Zusammenstellung sind die wichtigsten dieser Variationen im experimentellen Design angeführt, welche ganz grob in stimulusbedingt, aufgabenbedingt und versuchspersonenbedingt klassifiziert sind.

2.3.2.1. Stimuluseigenschaften

Die Erkenntnis, dass die grundlegenden physikalischen Eigenschaften der Stimuli mit den Resultaten interagieren können, ist eine der neueren Errungenschaften in der Tachistoskopie. Sergent (1982, 1983a, 1983b, 1984a) hat sich sehr intensiv mit physikalischen Parametern befasst. Hauptsächlich anhand von Studien mit Buchstaben und Gesichtern beobachtete sie, dass eine Verminderung der Stimulusqualität eine Überlegenheit des LVF (also der RH)

begünstigt. Technisch ausgedrückt heisst das, je kürzer die Expositionszeit, je geringer der Kontrast, je grösser die Exzentrizität und je grösser die Degradation (z.B. durch Maskierung) eines Stimulus, desto wahrscheinlicher ist das Auftreten einer LVF-Überlegenheit, egal ob der Stimulus verbaler oder figural-räumlicher Art ist.

In tachistoskopischen Experimenten wird immer unmittelbar vor der Exposition von Reizen ein zentraler Fixationspunkt gezeigt, der von den Versuchspersonen fixiert werden muss. Um eine bessere Kontrolle über die tatsächliche Blickrichtung zu gewährleisten, wird oft zusätzlich auch während der Exposition von Reizen z.B. eine Ziffer als "Fixationspunkt" gezeigt. Kann die Ziffer nicht genannt werden, nimmt man an, die Versuchsperson habe nicht wie vorgeschrieben fixiert und die den eigentlichen Stimulus betreffende Antwort ist ungültig. Über den Einfluss einer solchen Fixationskontrolle vor allem bei bilateraler Darbietung von Reizen ist in den frühen siebziger Jahren eine Kontroverse entbrannt. Hines (1972a, 1972b) beobachtete bei der Präsentation von Wörtern eine leichte LVF-Überlegenheit ohne Fixations-Ziffer, aber eine sehr deutliche RVF-Überlegenheit mit Fixations-Ziffer. Der Autor erklärte dieses Resultate als Ausdruck von Lesegewohnheiten (scanning): Ohne Fixations-Ziffer beginnt der Wahrnehmungsprozess entsprechend der Lesegewohnheit mit dem linken Wort, das LVF ist also bevorteilt. Mit zu reportierender Fixations-Ziffer beginnt der Wahrnehmungsprozess aber in der Mitte des Gesichtsfeldes und läuft dann, Lesegewohnheiten entsprechend, eher nach rechts als nach links, womit eher das RVF bevorteilt ist. Bei figuralen Reizen hatte die Präsenz einer Fixations-Ziffer zwar einen negativen Einfluss auf die Gesamtleistung, aber keinen Einfluss auf Gesichtsfeld-Unterschiede. McKeever, Suberi und VanDeventer (1972) verneinten aufgrund eigener Resultate jeglichen Einfluss einer Fixations-Ziffer

auf das Ausmass der RVF-Überlegenheit beim Erkennen von Wörtern. Mackavey et al. (1975) differenzierten die Problematik: Ohne Fixations-Ziffer beobachteten sie eine leichte Tendenz, das Wort des LVF vor dem Wort des RVF zu nennen (wiederum der Lesegewohnheit entsprechend), mit Fixations-Ziffer war keine solche Tendenz erkennbar. Die Tendenz, die Wörter in der Reihenfolge von links nach rechts zu reportieren, war wiederum gekoppelt mit einer leicht schwächeren RVF-Überlegenheit, als wenn keine solche Tendenz sichtbar war. Das Ausmass des Einflusses eines zu reportierenden "Fixationspunktes" bleibt also strittig. Immerhin scheint die Art eines solchen Fixationspunktes, ob verbal oder figural, unwichtig zu sein (Hines, 1978).

Unabhängig von der Präsenz einer Fixations-Ziffer stellt sich die Frage nach dem Einfluss von Lesegewohnheiten vor allem im Zusammenhang mit bilateraler vs. unilateraler Darbietung von verbalen Reizen. Von White (1969) wurde argumentiert, bei simultaner bilateraler Darbietung werde das LVF bevorteilt, wegen eines "postexposural trace-scanning mechanism" (S. 395). Eine Reihe von Studien (McKeever, 1971; McKeever & Huling, 1971a, 1971b; Mackavey et al., 1975; Rosen et al., 1975; Cohen, 1976; Newman & Albino, 1979) spricht aber gegen die Existenz einer relevanten Wirkung von Lesegewohnheit und gegen unterschiedliche Dominanzmuster bei unilateraler und bilateraler Reizdarbietung. Und innerhalb der bilateralen Bedingung stellten Tomlinson-Keasey, Brewer und Huffman (1983) fest, dass der Ort des beim Lesen relevanten ersten Buchstabens von projizierten Wörtern auf tachistoskopische Resultate keinen signifikanten Einfluss hat.

2.3.2.2. Aufgabenstellung

Die Bedeutung der Aufgabenstellung wurde bereits im Zusammenhang mit dem Resultate-Bias zugunsten der LH

angedeutet. Wie grundlegend der Aufgabenmodus tachistoskopische Resultate verändern kann, zeigten z.B. Spinnler, Sterzi, Tobaldini und Vallar (1982) auf simple und einleuchtende Art: Bei reinem Reportieren von Konsonanten resultierte eine RVF-Überlegenheit, beim Lokalisieren von Konsonanten in einer Matrix aber eine LVF-Überlegenheit. Ergebnisse von Bruyer und Stroot (1984) scheinen nahezu legen, dass mit einer Identifikationsaufgabe eher eine RVF-Überlegenheit, mit einer Wiedererkennens- oder Vergleichsaufgabe eher eine LVF-Überlegenheit erreicht wird (bei der Wahrnehmung von Gesichtern). Identifikation innerhalb eines potentiell unbegrenzten Sets von Stimuli scheint also auch bei figural-räumlichen Reizen eher eine Domäne der LH zu sein. Umgekehrt ist die RH beim Vergleichen innerhalb eines begrenzten Sets von Stimuli überlegen, also bei Wiedererkennen und paarweisem Vergleich. In ähnlicher Richtung gehen die Resultate von Jones (1982) beim paarweisen Vergleichen von Buchstaben und von Magnani, Mazzucchi und Parma (1984) beim paarweisen Vergleichen von komplexen Figuren: Beide beobachteten eine RVF-Überlegenheit, wenn die richtige Antwort "gleich" war und eine LVF-Überlegenheit, wenn die richtige Antwort "ungleich" war. Hurtig (1982) erhielt eine RVF-Überlegenheit für die Wahrnehmung gezeichneter Zufallslinien, weil die Aufgabenstellung eine Analyse der Struktur der Stimuli verlangte.

Der Antwortmodus, ob verbale Antwort, manuelles Zeigen bei einer Multiple-Choice-Vorgabe, reine manuelle Reaktionszeit (ausbalanciert mit linker und rechter Hand) oder Antwortlatenz einer richtigen verbalen Antwort, scheint zumindest bei Normalversuchspersonen kaum von Relevanz zu sein (Young, 1982, 23; siehe jedoch Levy, Trevarthen & Sperry, 1972, bei Split-Brain-Patienten). Auch in experimentellen Designs mit verbaler Antwort, welche ja immer von der LH produziert wird, konnten LVF- und damit RH-Überlegenheiten nachgewiesen werden (Berlucchi,

Brizzolara, Marzi, Rizzolatti & Umiltà, 1979). Tassinari, Morelli und Berlucchi (1983) erzielten mit manuellen Reaktionszeiten und Latenzen einer verbalen Antwort identische Resultate. Nur Boles (1984a) berichtete Gegenteiliges: Das Benennen von Buchstaben führte zu einer RVF-Überlegenheit, das manuelle Reagieren auf bestimmte Buchstaben aber zu keiner Gesichtsfeld-Überlegenheit.

Als unter Umständen kritische Variable erwies sich aber der Zeitpunkt einer Antwort. Für das Wiedererkennen abstrakter Figuren ("Drahtbiege-Proben") erzielten Bevilacqua, Capitani, Luzzatti und Spinnler (1979) eine RVF-Überlegenheit, wenn nach 15 Sekunden abgefragt wurde, aber eine LVF-Überlegenheit, wenn nach 60 Sekunden abgefragt wurde (wobei das umgekehrte Resultat eher den Erwartungen entsprochen hätte).

Dass auch Unterschiede bei der Instruktion der Versuchspersonen Dominanzmuster verändern können, demonstrierte Proudfoot (1982) anhand der Wahrnehmung von Gesichtern. Sie erhielt eine LVF-Überlegenheit, wenn die Gesichter in der Instruktion "sozial" beschrieben wurden, aber eine leichte (nicht signifikante) RVF-Überlegenheit, wenn die Gesichter physikalisch-physiognomisch beschrieben wurden. Levy und Trevarthen (1976) zeigten Split-Brain-Patienten "chimarische" Bilder, die senkrecht zweigeteilt waren und links etwas anderes darstellten als rechts und die mit naturgetreuen Vorlagen verglichen werden sollten. Wenn die Instruktion den funktionellen Charakter der Bilder betonte, wurden eher linkshemisphärische, wenn sie aber das Erscheinungsbild betonte eher rechtshemisphärische Informationsverarbeitung bewirkt.

Gelegentlich wurde auch von Änderungen im Dominanzmuster über die Zeit - innerhalb eines Experimentes - berichtet. Es muss sich hierbei um eine Art Lerneffekt mit entsprechendem Strategiewechsel handeln. Bei

Hellige (1976) ging bei einem Buchstabenvergleich eine anfängliche LVF-Überlegenheit in der Reaktionszeit für Paare gleicher Buchstaben im Laufe des Experimentes in eine RVF-Überlegenheit über und am Schluss des Experimentes zeigten sich überhaupt keine Gesichtsfeld-Unterschiede mehr. Dee und Hannay (1981) beobachteten einen Shift von einer LVF- zu einer RVF-Überlegenheit, wenn zu komplexen Figuren verbale Labels gelernt worden waren und diese auch zum Lösen der Aufgabe benötigt wurden. Allein das Lernen der Labels verursachte aber nur einen geringen Effekt. Ross-Kossak und Turkewitz (1984) unterschieden in einem Experiment mit Gesichter-Erkennen drei Phasen: In der ersten Phase, solange die Reize noch ganz unvertraut (unfamiliar) blieben, war die Reizverarbeitung relativ undifferenziert, holistisch und folglich rechtshemisphärisch. Darauf folgte eine mittlere Phase analytischer (linkshemisphärischer) Verarbeitung, die schliesslich in der letzten Phase wieder in eine rechtshemisphärische, nun aber differenziertere Verarbeitungsweise überging.

Schliesslich sei auch noch auf die Manipulierbarkeit von Gesichtsfeld-Überlegenheiten mittels Dual-Task-Situationen hingewiesen (siehe als Übersicht Kinsbourne & Hiscock, 1983). Es geht hierbei um die Frage, inwieweit eine gleichzeitig zu erfüllende Zusatzaufgabe (concurrent task) das Muster von Gesichtsfeldergebnissen beeinflusst. Hellige und Cox (1976) und Hellige, Cox und Litvac (1979) haben dazu eine Reihe von Experimenten durchgeführt. Es zeigte sich beispielsweise, dass eine einfache verbale Gedächtnisaufgabe die Wiedererkennens-Leistung bei komplexen Formen in der RVF-Bedingung verbesserte, eine schwierigere verbale Gedächtnisaufgabe aber verminderte. Auf die Leistungen in der LVF-Bedingung hatten diese Zusatzaufgaben keinen Einfluss (Hellige & Cox, 1976). Die Resultate eines Buchstabenvergleichs zeigten ohne Zusatzaufgabe eine RVF-Überlegenheit, bei gleichzeitiger verbaler

Gedächtnisaufgabe aber eine LVF-Überlegenheit (Hellige, Cox & Litvac, 1979). Die Autoren erklärten diese Resultate als Folgen unterschiedlicher Aktivierung der Hemisphären und von Kapazitätsgrenzen in der Verarbeitung.

2.3.2.3. Versuchspersonen

Die individuellen Variationen bei den Versuchspersonen können bis zu einem gewissen Grad mittels relativ grober Klassifikationen kontrolliert werden. In erster Linie ist die Händigkeit zu nennen, welche erwiesenermaßen mit Hemisphärenasymmetrie zusammenhängt. Rasmussen und Milner (1977) und Bryden (1982, 170) stimmen in den Prozentangaben recht gut überein, wenn sie 95% der Rechtshänder, aber nur 70% bzw. 61% der Linkshänder eine "normale", linkshemisphärische Sprachdominanz zuschreiben. Die übrigen 5% der Rechtshänder und 30% bis 40% der Linkshänder weisen entweder eine rechtshemisphärische Sprachdominanz oder eine diffuse Verteilung der Sprachfunktionen auf beide Hemisphären auf. Nachshon, Denno und Aurand (1983) untersuchten nebst der Hand- auch Fuss- und Augpräferenzen und Strauss und Wada (1983) betrachteten zusätzlich noch die Ohrpräferenzen. Beide Autorengruppen kamen aber zum Resultat, dass nur Händigkeit und "Fussigkeit" brauchbar mit der Sprachlateralisierung im Gehirn korrelieren. Schlussfolgernd ist klar, dass zumindest die Variable Händigkeit experimentell kontrolliert werden muss.

Eine weitere zu berücksichtigende Variable ist das Geschlecht der Versuchspersonen. Es ist weit verbreitete Lehrmeinung, dass Männer eine deutlicher ausgeprägte Asymmetrie aufweisen als Frauen (McGlone, 1980; Bryden, 1982), was aber experimentell nicht immer konsistent nachzuweisen war. In letzter Zeit sind denn auch Bemühungen im Gange, kognitive Geschlechtsunterschiede differenzierter zu

beschreiben. Boles (1984b) fand in einer tachistoskopischen Worterkennens-Aufgabe nur dann Geschlechtsunterschiede, wenn in der Instruktion die Reaktionszeit als besonders wichtig hervorgehoben wurde. Healey, Waldstein und Goodglass (1985) fanden nur mit einer Sprachproduktions-Aufgabe, nicht aber mit einer Sprachdiskriminations-Aufgabe Geschlechtsunterschiede. Nichelli, Manni und Faglioni (1983) und Sundet (1986) postulierten, dass Geschlechtsunterschiede nicht einfach durch Variationen in der Ausprägung der Hemisphärenasymmetrie, sondern teilweise auch durch geschlechtsspezifische kognitive Strategien zustandekämen.

Hinlänglich gesichert scheint, dass das Alter der Versuchspersonen keinen Einfluss ausübt, sowohl Kinder verschiedener Altersgruppen (Jones & Anuza, 1982; Woods, 1983; Hiscock, Antoniuk, Prisciak & von Hessert, 1985) als auch die gesetzteren Jahrgänge (Nebes, Madden & Berg, 1983) zeigen dieselben Gesichtsfeldasymmetrien.

Gelegentlich wurden auch andere Versuchspersonen-Eigenschaften wie z.B. Berufstätigkeit (Arndt & Berger, 1978) als klassifizierende Variablen in tachistoskopischen Experimenten benutzt. Von solchen Forschungsansätzen liegt aber (noch) wenig und kaum konsistentes Datenmaterial vor, weshalb hiermit das Kapitel über die beeinflussenden Variablen in tachistoskopischen Experimenten abgeschlossen sei.

2.3.3. Methodenspezifische Probleme

Selbstkritische Anmerkungen sind in der tachistoskopischen Literatur relativ dünn gesät. Das bedeutet nicht, dass das Tachistoskop methodisch so problemlos ist

wie seine praktische Anwendung. Die folgenden Überlegungen sollen dies illustrieren.

Grundsätzlich stellt sich die Frage, was gemessene Gesichtsfeldasymmetrien von z.B. 80% gegenüber 60% richtigen Antworten überhaupt bedeuten. Es ist noch immer weitgehend unklar, was nach dem Input, also nach der Projektion der Stimuli in Area 17, genau geschieht. Theoretisch bestehen zwei entgegengesetzte Möglichkeiten:

1. Wenn die stimulierte Hemisphäre für die empfangene Information nicht spezialisiert ist (RH für verbale, LH für figural-räumliche Informationen), transferiert sie sie unverarbeitet zur kontralateralen, spezialisierten Hemisphäre. Der Unterschied von 80% zu 60% richtigen Antworten wäre dann die Folge einer Degradation der Informationen durch den Transfer über die zerebralen Kommissuren. Das scheint aber als Interpretation kaum akzeptabel. Es wäre zu absurd anzunehmen, der Transfer von Informationen geschehe auf dem langen Weg von Retina bis Area 17 zuverlässig, von Area 17 zur kontralateralen Hemisphäre aber nicht mehr (Hardyck, 1983, 224).

2. Jede Hemisphäre verarbeitet die empfangenen Informationen vollständig selbst. Das würde bedeuten, dass die jeweils nur geringfügig schlechtere Hemisphäre immerhin noch über sehr beträchtliche Kompetenzen in der entsprechenden Domäne verfügt. Diese Interpretation wäre aber in krassem Widerspruch zu einer Riesenmenge von klinischen Daten und kann so puristisch nicht vertreten werden. Von Braff und Saccuzzo (1985) sowie von Umiltà, Rizzolatti, Anzola, Luppino und Porro (1985) gibt es auch experimentelle Anhaltspunkte dafür, dass auf jede unilaterale Stimulation auch ein interhemisphärischer Informationstransfer (welcher Art auch immer) nachfolgt.

Wie immer in solchen Fällen zieht man sich am besten mit einem Kompromiss aus der Affäre: Es ist am wahrscheinlichsten, dass ungeachtet der Art der Information eine Vorverarbeitung in der unmittelbar stimulierten Hemisphäre stattfindet, dass in jedem Fall aber auch Informationen zur kontralateralen Hemisphäre transferiert werden. Wie dieser Ablauf etwa vor sich geht, z.B. ob in Anhängigkeit vom Material mehrere interhemisphärische Transferoperationen notwendig sind, ist unbekannt (Moscovitch, 1986, 106). Nur der Vollständigkeit halber sei angemerkt, dass auch bei den anderen Antwortmodi wie Reaktionszeitmessung dieselben interpretativen Probleme bestehen.

Von einem streng testpsychologischen Standpunkt aus gesehen wären tachistoskopische Resultate ohnehin nur schlecht interpretierbar, weil sehr unreliabel (Chiarello, Dronkers & Hardyck, 1984). Es sind verschiedene Ursachen für diese mangelhafte Retest-Reliabilität denkbar. Es können tatsächliche individuelle Schwankungen über die Zeit in dem zu messenden Phänomen "Hemisphärenasymmetrie" vorkommen (Chiarello et al., 1984, 371). Vollkommen unkontrollierte, individuelle Verarbeitungsstrategien, die nicht immer die gleichen sein müssen, können die Resultate verzerren (Bryden, 1978, 126). Sehr häufig wird die Fixation der Augen nicht oder nur ungenügend kontrolliert. Ungenaue Fixation oder auch bewusste, spekulative Abweichungen in der Blickrichtung auf die Seite, wo der nächste Stimulus erwartet wird, würden die Gesichtsfeldasymmetrie in unbekanntem Masse verfälschen (Bryden, 1978, 123). Unabhängig von der Blickrichtung kann schliesslich auch die Aufmerksamkeit mehr auf die eine oder die andere Seite des Gesichtsfeldes gerichtet sein (attentional bias; Bryden, 1978, 124), was ebenfalls zu Veränderungen in den Resultaten führen muss.

2.3.4. Fazit

Es ist möglich, dass diese Darstellung der Literatur etwas verwirrend wirkt. Das wäre zwar keine Absicht. Es war mir aber auch wichtig, nicht grober Simplifizierungen schuldig zu werden.

Die Auswirkungen vieler der genannten experimentellen Variablen sind noch umstritten. Zieht man noch mögliche Interaktionen zwischen einzelnen beeinflussenden Variablen in Betracht, wird die Materie nicht einfacher. Diese Einführung sollte aber zumindest verständlich machen, dass erstens eine optimale Kontrolle der Versuchsbedingungen und zweitens grosse Vorsicht bei der Interpretation der Daten notwendig sind. Man muss sich bewusst sein, dass bestimmte Resultate hauptsächlich durch die Versuchsbedingungen, wie etwa die Aufgabenstellung, verursacht sein können und nicht im vornherein durch das verbale oder figural-räumliche Material. Wer an weiterem Datenmaterial interessiert ist, sei auf das Handbuch von Beaumont (1982b) verwiesen, weitere methodisch-theoretische Aspekte sind bei Hellige (1983) zu finden.

3. ENTWICKLUNG DER FRAGESTELLUNG

Mit dem gewonnenen Einblick in die tachistoskopische Literatur fallen zwei Tatsachen - oder eher: Mängel - auf: Erstens befasst sich die Literatur fast ausschliesslich mit der Gegenüberstellung linkes Gesichtsfeld (LVF) versus rechtes Gesichtsfeld (RVF). Zweitens werden Resultate von Experimenten selten in einen grösseren theoretischen Rahmen gestellt, sehr oft widerspiegeln Interpretationen von Resultaten bestenfalls implizite und diffuse theoretische Vorstellungen. Aus dem ersten Mangel geht unsere Fragestellung hervor. Mit dem zweiten haben wir uns zu befassen, wenn es darum geht, vorausschauend auf potentielle Resultate den Rahmen unserer Aussagemöglichkeiten abzustecken.

3.1. INTERHEMISPHERISCHE INTEGRATION STATT REINE GEGENÜBERSTELLUNG

Mit der ausschliesslichen Gegenüberstellung RVF versus LVF geht - in der Interpretation der Resultate - der ausschliessliche Vergleich linke Hemisphäre (LH) versus rechte Hemisphäre (RH) einher. (Dies, obwohl eigentlich unklar ist, inwieweit bei der Verarbeitung unilateral dargebotener Reize auch kontralaterale Strukturen beteiligt sind.) Es geht in der Literatur also fast ausschliesslich um Unterschiede in der Arbeitsweise der Hemisphären, um die Spezialisierung der einzelnen Hemisphären. So sinnvoll und nützlich diese traditionelle Betonung von Hemisphärenasymmetrie auch ist - Aussagen über Asymmetrie allein sagen noch nicht viel über die Funktionsweise des ganzen Systems Gehirn aus, was doch aber allgemeinste Frage und zentralster Gegenstand der Neuropsychologie ist. Es muss als

Mangel angesehen werden, dass so oft in segmentierender Sichtweise nur die Hälfte des Systems betrachtet wird. Es scheint prinzipiell fraglich, ob sich brauchbare Hinweise auf die Funktionsweise des Gesamtsystems Gehirn ergeben, wenn a priori nur Systemteile angesprochen werden.

Es besteht in dieser Hinsicht also eine Wissenslücke, die geschlossen werden sollte. Die vorliegende Arbeit mochte einen Beitrag dazu liefern. Unsere zentrale, wenn auch sehr allgemeine Frage lautet, in verschiedenen Nuancen: Wie arbeiten die beiden Hemisphären zusammen? Sind Hinweise eruierbar, wie sie zu einem Resultat, zu einem Output gelangen, an dem mit Sicherheit beide Hemisphären beteiligt sind? Welche Rolle spielen die einzelnen Hemisphären bei einem solchen interhemisphärisch erarbeiteten Output, mit Rücksicht selbstverständlich auf die jeweilige Hemisphärenspezialisierung? Wie werden die Informationen aus den beiden Hemisphären zu einer Antwort integriert?

Die methodische Konsequenz solcher Fragestellungen ist die, dass mit dem Tachistoskop nicht nur unilateral eine Hemisphäre, sondern bilateral beide Hemisphären stimuliert werden müssen, und zwar dergestalt, dass eine Integration der beiden Stimuli oder Stimulusteile aus den beiden Hemisphären verlangt wird und gewährleistet ist. Eine solche Aufgabenstellung unterscheidet sich wesentlich von derjenigen der bisher erwähnten Experimente mit bilateraler Stimulation. Es ist notwendig, dass die beiden bilateral dargebotenen Informationen miteinander in Beziehung gesetzt werden, mindestens auf der Ebene eines einfachen Vergleichs (matching). Nur so kann interhemisphärische Integration erzwungen werden, also verhindert werden, dass die Hemisphären "für sich" arbeiten und seriell den erhaltenen Input abarbeiten, als wäre zweimal unilateral, einmal links und einmal rechts, stimuliert worden.

Bevor wir zur Literatur betreffend interhemisphärischer Integration übergehen, sollten wir uns aber noch kurz mit den dafür verantwortlichen Strukturen, den zerebralen Kommissuren, befassen.

3.2. DIE ZEREBRALEN KOMMISSUREN

Wird interhemisphärische Integration verlangt, gehen zwangsläufig Erregungsmuster durch die zerebralen Kommissuren, welche die beiden Hemisphären miteinander verbinden. Die wichtigste, weil mit rund 200 Millionen Nervenfasern umfangreichste interhemisphärische Verbindung ist zweifellos das Corpus callosum (der Balken), wie in Abbildung 2 ersichtlich. Das Corpus callosum verknüpft die homotopen Hirnrindengebiete der beiden Hemisphären, mit Ausnahme der Area 17 und der Hand- und Fussregion der somatosensiblen Hirnrinde. Die vorderen Anteile (Rostrum und Genu) verbinden die beiden Frontallappen, der mittlere Teil (Truncus corporis callosi) die Parietal- und Temporallappen und der hintere Teil (Splenium) die Okzipitallappen. Die Commissura anterior verknüpft die linken und rechten Frontal- und Temporallappen miteinander. Weitere interhemisphärische Verbindungen bilden die Commissura posterior, die hippokampale Kommissur als Bestandteil des hippokampalen Systems und - bei ca. 70 bis 80 Prozent der Menschen - die Massa intermedia des Thalamus.

Für detailliertere anatomische Angaben sei auf Feneis (1974) und auf Nieuwenhuys, Voogd und van Huijzen (1980) verwiesen. Wem die Bezeichnung "Erregungsmuster" zu salopp ist, und wer folglich noch mehr über die physiologischen Abläufe im Gehirn erfahren will, dem sei z.B. die Lektüre von Carterette und Friedman (1973) oder Duus (1980) ans Herz gelegt.



Abbildung 2 Medianschnitt durch das Gehirn. 1 bis 4 = Corpus callosum (1 = Rostrum, 2 = Genu, 3 = Truncus, 4 = Splenium), 5 = Commissura anterior, 6 = Massa intermedia, 7 = Commissura posterior, 8 = Frontallappen, 9 = Parietallappen, 10 = Septum pellucidum, 11 = Fornix, 12 = Dritter Ventrikel, 13 = Hirnstamm, 14 = Kleinhirn. Vereinfacht nach Klima (1975, 54).

In funktioneller Hinsicht ist aufgrund experimenteller Studien bei Patienten mit teilweiser Sektion oder Läsion des Corpus callosum anzunehmen, dass die anterioren Teile des Corpus callosum (Rostrum und Genu) hauptsächlich mit motorischen Funktionen (Nakamura, Nagafuchi, Nakamura & Kogure, 1984), der Truncus mit taktilen und haptischen Funktionen (Bentin, Sahar & Moscovitch, 1984; Geffen, Nilsson, Quinn & Teng, 1985) und das posterior liegende Splenium mit visuellen (Poeck, 1984) und eventuell auditiven Funktionen (Nakamura et al., 1984) zusammenhängen. Von Gazzaniga und LeDoux (1978, 21) ist bekannt, dass bei operativer Durchtrennung des ganzen Corpus callosum (zu medizinisch-therapeutischen Zwecken) die Commissura anterior bei einigen, jedoch nicht allen Patienten den Transfer visueller Informationen übernehmen kann. Auch Myers und Sperry (1985) erwähnen nicht-kallosale, subkortikale Kom-

messungen als wahrscheinliche interhemisphärische Informationsträger bei Patienten mit durchschnittenem Corpus callosum.

Bezüglich unserer Fragestellung scheinen die experimentellen Daten von Split-Brain-Patienten wenig ergiebig. Die oft spektakulären Resultate (Gazzaniga, 1970; Sperry, 1982) zeigten zwar eklatante funktionelle Unterschiede zwischen den teilweise isolierten Hemisphären und illustrierten damit eindrücklich die Asymmetrie der Hirnhälften. Infolge Funktionsuntüchtigkeit eines der Hauptakteure ist hingegen gerade über interhemisphärische Integration keine differenzierende Aussage möglich. Nur sehr global kann man annehmen, die reduzierten Testleistungen von Split-Brain-Patienten seien auf mangelhafte interhemisphärische Integration zurückzuführen. So nebulös interpretieren jedenfalls Zaidel und Sperry (1973) die relativ schlechten Leistungen kommissurotomierter Patienten beim Lösen von Raven-Matrizen.

3.3. LITERATUR ZUR INTERHEMISPHERISCHEN INTEGRATION

Der Begriff der interhemisphärischen Integration ist wohl verschiedentlich in der Literatur anzutreffen. In sehr globaler Weise beschreiben z.B. seltene hirnelektrische Experimente einen interhemisphärischen "Informationsfluss" bei bestimmten Aktivitäten, so Inouye, Shinosaki und Yagasaki (1982) bei einseitigen Daumenbewegungen. Ebenso global wurde von Hallett und Green (1983) schizophrenen Patienten eine verminderte interhemisphärische Integrationsleistung zugeschrieben, aufgrund verschiedener, allgemein-kognitiver Leistungseinschränkungen.

Zu erwähnen sind auch eine Reihe von Reaktionszeituntersuchungen, in welchen versucht wurde, die interhemi-

sphärische Transferzeit zu messen. Das allgemeine Design bestand darin, bei unilateraler Reizdarbietung die bedingten Reaktionszeiten auf bestimmte Stimuli (Antwort nur dann, wenn Reiz z.B. bekannt ist, oder ein Substantiv ist, etc.) mit der linken bzw. der rechten Hand zu messen. Der beobachtete Zeitunterschied wurde, entsprechend dem Unterschied in den neuronalen Wegen, als die benötigte Zeit für den interhemisphärischen Transfer interpretiert. Damit wurde aber nur ein Teilaspekt interhemisphärischer Integration berücksichtigt, nämlich der reine zeitliche Ablauf und hiervon auch nur die Phase des Transfers. Weitergehende Angaben über solche Reaktionszeitstudien und die dazugehörenden Probleme und Widersprüchlichkeiten finden sich bei Cohen (1982, 94), Zaidel (1983, 112) und Moscovitch (1986, 106), oder auch bei Umiltà et al. (1985).

Es findet sich aber nur eine Handvoll von Studien, in welchen interhemisphärische Integration in einer expliziten Versuchsbedingung berücksichtigt wurde, wie in Kapitel 3.1 beschrieben. Diese sollen nun endlich mit der gebührenden Aufmerksamkeit bedacht werden.

3.3.1. Simultane Darbietung der Stimulusteile

Davis und Schmit (1971) berichteten von zwei Experimenten, in welchen zwei Ziffern, 0 und 1, verglichen werden mussten. Bei gleichen oder ungleichen Ziffern sollten die Versuchspersonen möglichst schnell einen je entsprechenden Knopf drücken. Die beiden Ziffern wurden simultan entweder im linken Gesichtsfeld (der rechten Hemisphäre; LVF-RH) oder im rechten Gesichtsfeld (der linken Hemisphäre; RVF-LH) oder verteilt auf beide Gesichtsfelder (each visual field-both hemispheres; EVF-BH) gezeigt. In beiden Experimenten resultierte eine signifikante Überlegenheit der bilateralen Bedingung EVF-BH. Die beiden unilateralen Bedin-

gungen unterschieden sich nicht signifikant. Dieses Resultat wurde von Davis und Schmit (1973) mit einem Buchstabenvergleich repliziert. Die Autoren vermuteten, dass bei bilateraler Reizdarbietung die beiden Hemisphären simultan je ihren Stimulus verarbeiteten, diese simultane Verarbeitung mit nur einer Hemisphäre aber erschwert war, infolge einer intrahemisphärischen Interferenz nicht näher definierter Natur.

Dimond und Beaumont (1971) erzielten sehr ähnliche Resultate. Ihre Versuchspersonen mussten Paare von simultan dargebotenen Ziffern reportieren. Die signifikant besten Resultate zeigten sich wie bei Davis und Schmit (1971, 1973) in der Bedingung EVF-BH, zusätzlich unterschieden sich aber auch die beiden unilateralen Bedingungen voneinander. In der Bedingung RVF-LH schnitten die Versuchspersonen signifikant besser ab als in der Bedingung LVF-RH. Ähnlich wie Davis und Schmit (1971, 1973) interpretierten die Autoren die guten Leistungen in der Bedingung EVF-BH mit der parallelen Aktivität beider Hemisphären, die eine Verteilung der Wahrnehmungsbelastung (perceptual load) auf beide Hemisphären erlaubte. Sie betrachteten diese effizientere, bihemisphärische Arbeitsweise als charakteristisches Merkmal von Hirnaktivität.

Hardyck, Tzeng und Wang (1978) fanden in einer Serie von Experimenten identische Ergebnismuster wie Davis und Schmit (1971, 1973). Als Aufgabe benutzten sie einen Wortvergleich, wobei die Wörter entweder beide englisch oder beide chinesisch oder je eines englisch und chinesisch waren, natürlich mit sprachlich entsprechend vertrauten Versuchspersonen. Sie diskutierten und interpretierten - im Zusammenhang mit Hemisphärendominanz - nur die Abwesenheit der RVF-LVF-Asymmetrie, nicht aber die Überlegenheit der EVF-BH-Bedingung.

Weniger eindeutig zugunsten der bilateralen Bedingung waren die Resultate von Liederman, Merola und Martinez (1985) bei einem semantischen Wortvergleich (Reaktionszeitmessung für gleiche/ungleiche semantische Kategorien). Die Bedingung EVF-BH erbrachte gleich gute Resultate wie die bessere der unilateralen Bedingungen, RVF-LH, allerdings nur zu Beginn der zwei Experimente, von welchen sie berichteten. Ein Lerneffekt (practice effect) beeinflusste selektiv nur die unilaterale Bedingung RVF-LH, so dass am Schluss der experimentellen Durchgänge sich alle drei Bedingungen signifikant voneinander unterschieden, in der Reihenfolge RVF-LH, EVF-BH, LVF-RH. Die relativ gute Leistung in der Bedingung EVF-BH zu Beginn der Experimente erklärten die Autoren als das Resultat von teilweise paralleler Verarbeitung der zwei Stimuli, welche bei Stimulierung von nur einer Hemisphäre nicht möglich sei. Dass bei bilateraler Darbietung kein signifikanter Lerneffekt entstand, begründeten sie damit, dass bei bihemisphärischer, paralleler Verarbeitung umfangreichere, kompliziertere Mechanismen notwendig seien und somit ein Lerneffekt im Sinne von Automatisierung viel langsamer entstehen könne. Diese Interpretation provoziert allerdings zwei Anmerkungen: Erstens hatte man aufgrund dieser Erklärung auch in der Bedingung LVF-RH einen signifikanten Lerneffekt beobachten müssen, was nicht der Fall war. Zweitens wäre der ausgebliebene Lerneffekt in den Bedingungen EVF-BH und LVF-RH einfacher damit zu erklären, dass einerseits nur die für Sprache spezialisierte linke Hemisphäre mit einer gewissen Überlastung mit verbalem Material umzugehen lernte. Weil andererseits in der bilateralen Bedingung die Informationen von Beginn weg auf beide Hemisphären verteilt waren und somit keine Überlastung induziert war, konnte es auch keinen diesbezüglichen Lerneffekt geben.

Im figural-räumlichen Bereich zeigten sich im wesentlichen dieselben Ergebnismuster. Dimond und Beaumont

(1972) projizierten simultan Paare von Halbkreisen, welche einfache geometrische, symmetrische Muster enthielten (wie die Hälfte eines Zifferblattes, eines stilisierten Gesichtes oder eines Ornamentes) und die verglichen werden sollten (Gleich-Ungleich-Antwort). In beiden reportierten Experimenten waren die Leistungen in der EVF-BH-Bedingung am besten, im ersten nicht signifikant, im zweiten signifikant. Ihre Interpretation entsprach derjenigen von Dimond und Beaumont (1971).

3.3.2. Sequentielle Darbietung der Stimulusteile

In den bisher referierten Studien wurden die beiden Stimulusteile immer simultan gezeigt. In einigen Experimenten wurden aber die drei Grundbedingungen anhand sequentieller (successive) Darbietung verglichen. Dimond, Gibson und Gazzaniga (1972) verlangten einen reinen Wortvergleich und zeigten die Wörter für je 40 Millisekunden (ms) in einem Intervall von drei Sekunden. Sie erhielten signifikant schlechtere Resultate in der Bedingung EVF-BH als in den beiden unilateralen Bedingungen. Dabei spielte es keine Rolle, welches Gesichtsfeld in der bilateralen Bedingung zuerst stimuliert wurde. Die Autoren interpretierten den starken Leistungsabfall in der Bedingung EVF-BH als Folge eines transferbedingten Informationsverlustes. Im Wissen um die Resultate bei simultaner Darbietung der Teilstimuli kann man dieser Interpretation kaum zustimmen. Sicher interagierten bei einem Interstimulus-Intervall von drei Sekunden auch Merkfähigkeits- oder Gedächtnisvariablen.

Fogliani, Parisi, Fogliani-Messina und Rapisarda (1985) projizierten Schizophrenen und Normalversuchspersonen zuerst einen einzelnen Buchstaben und unmittelbar danach einen String von vier Buchstaben, bei welchem die

Position des zuvor einzeln gezeigten angegeben werden sollte. Die Expositionszeit der einzelnen Stimuli wurde individuell festgelegt (durchschnittlich 10 bzw. 6 ms für Schizophrene und Normalversuchspersonen). Sie unterschieden vier Bedingungen: RVF-LH, EVF-BH mit RVF zuerst stimuliert, EVF-BH mit LVF zuerst stimuliert, LVF-RH. Einfaktorielle Varianzanalysen ergaben einen Haupteffekt bei Schizophrenen, nicht aber bei Normalversuchspersonen. In beiden Gruppen resultierten die besten Leistungen in der Bedingung RVF-LH und bei den Schizophrenen die schlechtesten Leistungen in der LVF-BH-Bedingung. Innerhalb der EVF-BH-Bedingung zeigten die beiden Gruppen ein unterschiedliches Muster: Die Leistungen der Schizophrenen waren besser, wenn das RVF zuerst stimuliert wurde, bei den Normalversuchspersonen verhielt es sich umgekehrt. Weil die Autoren a-posteriori-Analysen unterliessen und keinen MS-Fehler angaben, sind hier keine differenzierenden Angaben möglich. Die Resultate wurden sehr generell interpretiert, als Hinweis auf einen stärkeren Grad von Lateralisierung und eine "interhemispheric dysfunction" (Fogliani et al., 1985, 870) bei Schizophrenen.

Hatta (1976) untersuchte den Einfluss zeitlicher Staffelung der Teilstimuli nur anhand der zwei EVF-BH-Bedingungen, einzig in Abhängigkeit davon, welches Gesichtsfeld zuerst stimuliert wurde. Er zeigte sequentiell zwei japanische Hirakana-Buchstaben, die zu vergleichen waren, für je 30 ms. Das Interstimulus-Intervall zwischen Ende des ersten und Beginn des zweiten Stimulus war 0, 10, 30 oder 60 ms. Bei allen Intervallen zeigte sich eine signifikant bessere Leistung, wenn das RVF zuerst stimuliert wurde, beim längsten Intervall besonders ausgeprägt. Zur Erklärung dieses Resultates argumentierte der Autor hauptsächlich mit der angenommenen grösseren Persistenz der Stimulation in der sprachdominanten LH. Es scheint unklar, wie der Begriff der Persistenz ins neuropsychologische Vokabular zu über-

setzen wäre. Möglicherweise sind damit sehr kurzzeitige Merkfähigkeits- oder Gedächtnisprozesse angesprochen. Im Bereich von 0 bis 60 ms mit Gedächtnisvariablen zu operieren, wäre allerdings etwas inadäquat.

Beaumont und Dimond (1975) berichteten von einem Experiment mit sequentieller Darbietung figural-räumlicher Stimuli. Die Versuchspersonen sollten einfache geometrische Formen wie Kreis, Quadrat und Dreieck vergleichen und sich möglichst rasch für eine Gleich/Ungleich-Antwort entscheiden. Das Interstimulus-Intervall war konstant 1.5 Sekunden, die Expositionszeiten für erste und zweite Darbietungen des Stimuluspaares wurden systematisch variiert mit 100, 30 und 7.5 ms. Die gesamthaft signifikant beste Leistung wurde unter der Bedingung LVF-RH, die (nicht signifikant) schlechteste Leistung unter der Bedingung RVF-LH erzielt. Die beiden bilateralen Bedingungen, ob LVF oder RVF zuerst stimuliert, zeigten widersprüchliche Ergebnismuster, je nachdem, ob Reaktionszeiten oder Anzahl richtiger Antworten berücksichtigt wurden. Somit blieb bezüglich interhemisphärischer Integration nichts Konsistentes mehr zu interpretieren.

Schliesslich sei noch die Studie von Hartje, Schmitz-Gielsdorf und Willmes (1984) erwähnt. Sie zeigten Buchstabenpaare, je ein Gross- und ein Kleinbuchstabe, die mittels manueller Reaktionen als gleichlautend oder eben nicht gleichlautend identifiziert werden mussten. Von der Hypothese ausgehend, die von Davis und Schmit (1971, 1973) bekannte Überlegenheit der EVF-BH-Bedingung sei hauptsächlich durch die zeitliche Sequenzierung des Inputs in die LH bedingt (wegen des Umweges eines Teils der Informationen über das Corpus callosum), unterschieden sie zwischen bilateral simultanen und unilateral simultanen und unilateral sequentiellen Bedingungen. Bei 130 ms Expositionszeit verzögerten sie bei den unilateralen sequentiellen Bedingungen den Beginn des zweiten Stimulus um 5, 10 und 15 ms.

Die Resultate zeigten erstens eine Überlegenheit der bilateralen simultanen Bedingung gegenüber der unilateralen simultanen Bedingung. Zweitens war nur eine der drei unilateralen sequentiellen Bedingungen mit der bilateralen simultanen Bedingung ebenbürtig, die mit 10 ms Intervall, die anderen erbrachten deutlich längere Reaktionszeiten. Die Hypothese der Autoren bestätigte sich also nicht. Eventuell hätten grossere zeitliche Verzögerungen als nur 15 ms zur gewünschten Leistungsverbesserung bei den unilateralen sequentiellen Bedingungen geführt, entsprechend den Daten von Dimond et al. (1972) und Beaumont und Dimond (1975).

3.3.3. Resümee

Etwas simplifizierend lassen sich die beschriebenen Studien zu interhemisphärischer Integration folgendermassen zusammenfassen:

- Zwischen Studien mit verbalem und Studien mit figural-räumlichem Material ist bezüglich der bilateralen Bedingung kein materialspezifischer Unterschied ersichtlich. Allerdings wurde nur in zwei Studien figural-räumliches Material verwendet, welches überdies einfach zu verbalisieren war.
- Bei simultaner Darbietung waren die Leistungen bei bilateraler Stimulation fast immer signifikant besser als bei unilateraler (LVF- oder RVF-) Stimulation.
- Bei sequentieller Darbietung war die unilaterale, dem jeweiligen Material entsprechende Bedingung der bilateralen Bedingung überlegen.

Damit sind alle mir bekannten Studien, die explizit interhemisphärische Integration in einer Versuchsbedingung erzwingen, zur Darstellung gelangt. Die Ausführlichkeit der

Abhandlung rechtfertigt sich dadurch, dass wir, wie in Kapitel 3.1 angedeutet, in identischer Weise Leistungen bei unilateraler (intrahemisphärischer) und bilateraler (interhemisphärischer) Reizdarbietung vergleichen werden und folglich bei der Interpretation der eigenen Resultate wieder darauf Bezug nehmen werden.

Um unserer Fragestellung einen grösseren Rahmen zu geben und um eine weitere Möglichkeit des Rückbezugs zu eröffnen, wenn es um die Diskussion eigener Resultate geht, sei nun, da alle relevante experimentelle Literatur im grossen und ganzen bekannt ist, das Kapitel über Modellvorstellungen angeschlossen.

3.4. MODELLE HEMISPHERISCHER SPEZIALISIERUNG UND INTERHEMISPHERISCHER ZUSAMMENARBEIT

Unsere Fragestellung lautet, wie die beiden Hemisphären zusammenarbeiten und Informationen integrieren. Auf den Mangel an theoretischen Überlegungen und Modellvorstellungen wurde bereits am Anfang dieses Kapitels hingewiesen. Erst ab den frühen achtziger Jahren erschienen theoretische Arbeiten, in denen versucht wurde, die vorhandene Datenmenge mittels Modellansätzen etwas zu strukturieren. Der umfassendste Strukturierungsversuch schien derjenige von Allen (1983). Ich stütze mich im folgenden Absatz weitgehend auf dessen Ausführungen. Wo Klassifikationen anderer Autoren diejenige von Allen (1983) ergänzen oder differenzieren, wird entsprechend darauf hingewiesen. Auf zwei neuere, ausformuliertere, in seiner Klassifikation nicht subsummierbare Modellansätze wird in den Kapiteln 3.4.2 und 3.4.3 eingegangen. Mit dieser Übersicht wird bezweckt, eine Auswahl von Sichtweisen interhemisphärischer Integration, oder zumindest Zusammenarbeit, zu geben. Diese Sichtweisen

sind ja immer auch als etwas ausformuliertere Hypothesen aufzufassen, auf welche später Fragestellung und Resultate bezogen werden können.

3.4.1. Die Modell-Klassifikation nach Allen (1983)

Die Modelle unilateraler Spezialisierung entsprechen der traditionellen Sichtweise, wie sie im Kapitel über Hemisphärenasymmetrie schon dargestellt wurde. Danach ist die Struktur der einen Hemisphäre für bestimmte Verarbeitungsprozesse, wie eben verbale oder figural-räumliche, funktionell spezialisiert, für diese dominant. Sehr häufig wurde experimentellen Resultaten implizit diese Sichtweise zugrundegelegt. Es herrscht weitgehend Einigkeit, dass diese Spezialisierung nicht absolut ist. Strittig aber ist der Grad der Spezialisierung. Cohen (1982, 90ff) nennt diese Art von Modellen "structural models" und unterscheidet zwischen Modellen absoluter und relativer Spezialisierung. Bezüglich Interpretation von Daten ist auch die weitere Unterscheidung in "Direct Access"- und "Callosal Relay"-Modelle von Relevanz (Zaidel, 1983, 106). Die ersteren erklären Wahrnehmungsasymmetrien damit, dass der dargebotene Stimulus in jedem Fall von der initial stimulierten Hemisphäre verarbeitet wird, nur eben von der entsprechend nicht-spezialisierten weniger gut. Die letzteren erklären Wahrnehmungsasymmetrien mit dem fehlerträchtigen Transfer von Informationen über das Corpus callosum, der dann geschieht, wenn eine Hemisphäre für das dargebotene Material nicht spezialisiert ist (siehe hierzu auch Umiltà et al., 1985). Alle Modelle unilateraler Spezialisierung weisen den Mangel auf, nichts über inter-hemisphärische Kooperation auszusagen.

Die Modelle kooperativer Interaktion implizieren, dass beide Hemisphären eine gewisse Kapazität für alle

Arten von Verarbeitungsprozessen haben. Diese Kapazität kann gleich gross oder auch leicht unterschiedlich sein. Auf jeden Fall aber bearbeiten beide Hemisphären eine gegebene Aufgabe simultan und interagieren dabei positiv. Das heisst, eine gemessene Leistung ist immer das Resultat einer integrierten, gemeinsamen Funktion beider Hemisphären. Gazzaniga und LeDoux (1978) und Sergent (1982) vertreten ein solches Modell interhemisphärischer Kooperation. Es scheint deshalb besonders plausibel, weil es als einziges der von Allen (1983) beschriebenen Modelle den 200 Millionen Nervenfasern des Corpus callosum eine signifikante integrative Rolle zuschreibt. Experimentelle Daten, die bei unilateraler Reizung bilaterale Aktivierung zeigen (Inouye et al., 1982) und die beobachtete allgemeine kognitive Leistungsbeeinträchtigung bei Split-Brain-Patienten (Zaidel & Sperry, 1973) stützen diese Sichtweise.

Versucht man, diese noch sehr generelle Vorstellung mit Details aufzufüllen, bieten sich grundsätzlich zwei Möglichkeiten an. Entweder arbeiten die beiden Hemisphären gleichartig zusammen, d.h. sie versehen jeweils simultan genau die gleiche Funktion und die zerebrale Gesamtleistung ist die Summe oder eventuell auch das interaktive Produkt der hemisphärischen Einzelleistungen. Die Resultate von Guiard und Requin (1977) und Ellenberg und Sperry (1980) würden einem solchen Modell entsprechen. Alternativ wäre anzunehmen, dass jede Hemisphäre bestimmte Subprozesse, bestimmte Komponenten einer gegebenen Aufgabe verarbeitet. Das Gesamtergebnat wäre dann abhängig von der dynamischen Koordination der beiden Hemisphären. Sergent und Bindra (1981) postulierten eine derartige bihemisphärische Beteiligung bei der Verarbeitung von gezeigten Gesichtern. Im weiteren ist Allen (1983) wohl recht zu geben, wenn er feststellt: "...we know virtually nothing of these necessary integrative mechanisms, and, until we do,

progress in the development of cooperative integration models will remain slow" (S. 81).

Praktisch identisch mit den Modellen kooperativer Interaktion, nur mit umgekehrtem Vorzeichen, sind die Modelle negativer Interaktion. Auch sie postulieren eine simultane Aktivität beider Hemisphären. Diese interagieren aber negativ, sie hemmen oder unterdrücken aktiv die Aktivität der anderen Hemisphäre. Das kann einseitig nur in einer Richtung oder auch gegenseitig in beiden Richtungen zugleich geschehen. Eine einseitige Hemmung der RH durch die LH bezüglich verbaler Aktivität wurde beispielsweise von Moscovitch (1973, 1976) in Betracht gezogen. Laut Allen (1983, 82) wurde auch das Entstehen linkshemisphärischer Sprachdominanz von einigen Autoren als Folge einer im frühen Kindesalter beginnenden und kontinuierlichen Hemmung der RH durch die LH angesehen. Umgekehrt wurde kaum je von einer Hemmung der LH durch die RH berichtet. Nur Allen (1983) zitiert zwei Studien (Smith, Chu & Edmonston, 1977; Suberi & McKeever, 1977), deren Resultate er in dieser Richtung interpretiert. Ein Modell gegenseitiger negativer Interaktion ist durch Kinsbourne (1974a, 1974b) berühmt geworden. Demnach befinden sich die beiden Hemisphären in einem balancierten Zustand gegenseitiger simultaner Hemmung. Durch erhöhte linkshemisphärische Aktivität, z.B. beim Erwarten sprachlicher Stimuli und auch während verbaler Verarbeitungsprozesse, entsteht ein Ungleichgewicht, auch die hemmende Aktivität der LH wird grösser als die hemmende Aktivität der RH. Eine Folge davon ist beispielsweise eine Abweichung der Blickrichtung nach rechts. Diese hauptsächlich von Aufmerksamkeitsvariablen determinierte Sichtweise wurde heftig angefochten und kaum von anderen Autoren durch experimentelle Daten unterstützt. Das Modell weist auch den Schönheitsfehler auf, dass es eine Rivalität zwischen den Hemisphären impliziert, was allgemein biologisch nicht ge-

rade sinnvoll erscheint. Cohen (1982, 104-110) hat Modelle dieser Art als dynamische Modelle beschrieben.

Auch die Modelle paralleler Verarbeitung nehmen an, dass die beiden Hemisphären simultan arbeiten, aber unabhängig voneinander, ohne Interaktion. Während sehr früher Phasen der Verarbeitung erfüllen sie dabei wahrscheinlich identische Funktionen, in späteren Verarbeitungsphasen können sie parallel und unabhängig voneinander auch je spezielle Aspekte von gegebenen Informationen verarbeiten. Erst in diesen Prozessphasen ist Asymmetrie beobachtbar. Interhemisphärische Koordination und Integration erfolgt erst in einem noch späteren Verarbeitungsschritt. Dimond und Beaumont (1974), Gazzaniga und LeDoux (1978, 82), Moscovitch (1979) und Umiltà et al. (1985) haben eine solche Verarbeitungsweise in Betracht gezogen. Parallele Verarbeitung wurde auch von Autoren, die interhemisphärische Integration in speziellen Testbedingungen berücksichtigten (Davis & Schmit, 1971, 1973; Dimond & Beaumont, 1971, 1972), mehr oder weniger explizit angenommen. Die Schwäche dieser Modelle liegt aber gerade darin, dass sie bezüglich interhemisphärischer Integration keine Aussage machen können, sie beziehen sich ausschliesslich auf frühe Phasen der kognitiven Verarbeitung.

Schliesslich postulieren die Allokationsmodelle, dass zur Lösung jeder Aufgabe beide Hemisphären über ähnlich grosse Kapazitäten verfügen, dass aber gleichzeitig immer nur eine Hemisphäre aktiv arbeitet. Die Zuweisung (allocation) einer Aufgabe zur einen oder anderen Hemisphäre kann früh (input models) oder spät (output models) im Verlauf des Verarbeitungsprozesses, einmal oder auch mehrmals (switching models) geschehen. Bei einmaliger und früher Zuweisung ist die ausführende Hemisphäre nicht unbedingt die für das jeweilige Material oder die jeweilige Aufgabe entsprechend spezialisierte. Die "Allokation" kann nämlich nicht nur aufgrund der Art des Stimulusmaterials

und der Aufgabenstellung, sondern auch aufgrund von Aufmerksamkeit oder subjektiver Strategien erfolgen. Nimmt man Aufmerksamkeit als kritische Zuweisungsvariable an, wäre Kinsbournes (1974a, 1974b) Sichtweise auch als Allokationsmodell denkbar. Instruktionsbedingte subjektive Strategien scheinen bei Levy und Trevarthen (1976) einmal eher links-, ein andermal eher rechtshemisphärische Informationsverarbeitung bewirkt zu haben. Im Zusammenhang mit derartigen Zuweisungsmechanismen ist "priming" ein häufig anzutreffender Begriff. Dieser am ehesten mit "Vorbereitung" zu übersetzender Term ist sehr unscharf definiert. Priming ist oder bewirkt so etwas wie Erregung und Aktivierung, die definitorischen Grenzen zu Begriffen wie Aufmerksamkeit (attention) oder Erwartung (expectancy) sind unklar.

Nimmt man eine späte oder mehrmalige Zuweisung von Verarbeitungsprozessen an, so scheinen die Allokationsmodelle mehr Fragen aufzuwerfen als sie zu beantworten vermögen. Bei den output models bleibt offen, wie die Hemisphären vor der späten Zuweisung arbeiten, und bei den switching models stellt sich bei jeder neuen Zuweisung auch jedesmal die Frage, weshalb eine solche Neuzuweisung geschieht. Auch die Allokationsmodelle fallen in der Darstellung von Cohen (1982) unter die dynamischen Modelle und dort in die (einzige) Untergruppe der Aufmerksamkeitsmodelle.

Die meisten dieser fünf beschriebenen Modellvorstellungen kranken daran, dass sie als einzelne Sichtweisen zu wenig ausformuliert, zu einfach und rudimentär sind und immer nur einen Teil des Informationsverarbeitungsprozesses erklären. Allen (1983) selbst versuchte gewissermassen eine Kombination dieser verschiedenen Sichtweisen zu kreieren, indem er die wohl zu grobe Unterscheidung in LH und RH ausdifferenzierte und Subprozessoren einführte. Wir verzichten aber auf eine eingehendere Darstellung, weil bei

Moscovitch (1986) ein sehr ähnlicher, jedoch besser ausformulierter Ansatz zu finden ist.

3.4.2. Das hierarchische Informationsverarbeitungs-Modell von Moscovitch (1986)

Nach dem Modell von Moscovitch (1986) kann die Verarbeitung von Informationen in eine Serie von verschiedenen Verarbeitungsschritten (Komponenten, "components") aufgeteilt werden. Jede Verarbeitungsstufe erhält Informationen - ihren Input - von der jeweils vorangehenden. Die einzelnen Komponenten sind entweder in beiden Hemisphären vorhanden und gleich effizient (also identisch) oder in beiden Hemisphären vorhanden aber in der einen Hemisphäre effizienter als in der anderen oder aber nur in einer Hemisphäre lokalisiert. Die beiden Hemisphären mit je ihrem Set an Komponenten werden als spezialisierte, halb unabhängige Verarbeitungssysteme betrachtet, die Informationen austauschen können und zu einem je eigenen Pool an Ressourcen (resources), sowie zu einem gemeinsamen Pool an Ressourcen Zugriff haben. Was genau man sich unter diesen Ressourcen vorstellen soll, lässt der Autor unerwähnt.

Für das Auftreten von Wahrnehmungsasymmetrien gibt es grundsätzlich zwei mögliche Ursachen, nämlich die unterschiedliche Effizienz von Komponenten in linker versus rechter Hemisphäre und/oder der interhemisphärische Transfer zu Komponenten, die nur in einer Hemisphäre lokalisiert sind. Wenn wir annehmen, ein bestimmter Verarbeitungsprozess benötige keine nur in einer Hemisphäre lokalisierte Komponente, dann verarbeitet jede Hemisphäre den ihr gegebenen Input selbst, aber auf andere Art und mit unterschiedlicher Effizienz. Jede Änderung in der Effizienz auch nur einer Komponente (die experimentell induziert sein kann) zeigt sich auch in einer Veränderung der

Wahrnehmungsasymmetrie. Nehmen wir umgekehrt an, alle Komponenten seien in beiden Hemisphären gleich effizient, ausser einer für die Informationsverarbeitung notwendige Komponente, die nur in einer Hemisphäre lokalisiert ist: Dann entsteht Wahrnehmungsasymmetrie einzig aufgrund des notwendigen interhemisphärischen Transfers zu dieser Komponente, sei dies nun durch Verlangsamung oder durch Stimulus-Degradation. Experimentelle Variationen in der Stimulusqualität wirken sich dann nicht auf die Wahrnehmungsasymmetrie aus.

Der einzig realistische Fall ist der, dass die Informationsverarbeitung über Komponenten unterschiedlicher Effizienz und über mindestens eine nur in einer Hemisphäre lokalisierte Komponente läuft. Dann können Wahrnehmungsasymmetrien nur durch Beeinflussung dieser Komponente oder einer im Ablauf vorhergehenden Komponente, nicht aber durch Beeinflussung einer nachfolgenden Komponente verändert werden. Der Grund hierfür liegt darin, dass alle nachfolgenden Komponenten vom Input der in einer Hemisphäre lokalisierten Komponente abhängig sind, eine Lateralisierung also nur durch den Ablauf bis zu dieser Komponente bestimmt ist. Deshalb wirken sich Variationen in einem frühen Verarbeitungsstadium (z.B. durch Stimulusdauer, -exzentrizität) auf die Wahrnehmungsasymmetrie aus, nicht aber Variationen im Antwortmodus (z.B. manuelle vs. verbale Antwort).

Ein Vorteil dieses Modells liegt darin, dass auch dynamische Merkmale, die für die Aufmerksamkeitsmodelle charakteristisch sind, berücksichtigt werden. Durch die unterschiedliche Allokation von Ressourcen wird die Effizienz der einzelnen Komponenten beeinflusst: Erhöhung der Ressourcen bewirkt Erhöhung der Effizienz. Diesbezüglich macht der Autor aber keine genaueren Angaben. Als Nachteil wird erwähnt, dass parallele Verarbeitungswege innerhalb

der Hemisphären vom Modell nicht ausdrücklich berücksichtigt werden.

Der relativ hohe Komplexitätsgrad dieses hierarchischen Informationsverarbeitungs-Modells scheint, verglichen mit anderen Modellvorstellungen, am ehesten der anzunehmenden Komplexität von kognitiven Abläufen zu entsprechen. Das verleiht dem Modell eine grosse Reichweite, es ist vereinbar mit sehr vielen experimentellen Daten. Die Kehrseite dieses Vorteils dürfte in der Schwierigkeit bestehen, die einzelnen, inhaltlich noch abstrakten, leeren "Komponenten" funktionell zu definieren und sie auch experimentell zu unterscheiden.

3.4.3. Die Hemisphären als unabhängige Ressourcensysteme (Friedman & Polson, 1981)

Zum Schluss sei noch der Modellansatz von Friedman und Polson (1981) kurz dargestellt, der weniger die Details kognitiver Abläufe, dafür aber mehr den Zusammenhang der beiden Hemisphären betont.

Friedman und Polson (1981) verstehen die beiden Hemisphären als je ein Set von Mechanismen (die wohl den "Komponenten" von Moscovitch, 1986, entsprechen), welche Ressourcen benötigen, um arbeiten zu können. Hierfür hat jede Hemisphäre einen separaten Pool von Ressourcen zur Verfügung. Die zwei Pools sind immer gleich limitiert, sie sind undifferenziert, aber der jeweils anderen Hemisphäre nicht zugänglich. Nur die Resultate der mit den Ressourcen arbeitenden Mechanismen sind zwischen den Hemisphären austauschbar.

Die meisten Aufgaben können von hauptsächlich nur einer Hemisphäre, d.h. mittels deren Mechanismen und Ressourcen, gelöst werden, allerdings mit unterschiedlicher

Effizienz, wie beispielsweise verbale und figural-räumliche Wahrnehmungsaufgaben, die traditionellerweise Asymmetrien zeigen. Hingegen werden einfache visuelle Diskriminationsaufgaben von beiden Hemisphären etwa gleich gut bewältigt: Ob zwei Buchstaben gleich oder ungleich sind, entscheiden die beiden Hemisphären zwar auf je eigene Art und Weise, d.h. es sind in LH und RH verschiedene Mechanismen für diese Entscheidung verantwortlich. Aber die benötigten Ressourcen sind gleich gross und gleich effizient. Umgekehrt beim Finger-Tapping: Die Autorinnen nehmen an, diese Aufgabe benötige gleiche oder ähnliche Mechanismen in beiden Hemisphären, aber eine ungleiche Summe von Ressourcen. Um ein bestimmtes Leistungsniveau zu erreichen, müsse die RH mehr Ressourcen mobilisieren als die LH, oder anders ausgedrückt, bei beschränkten Ressourcen ist die Leistung der LH (d.h. der rechten Hand) besser als die Leistung der RH (d.h. der linken Hand). Ausser einfachen motorischen Aufgaben und der Sprachproduktion gibt es keine oder nur sehr wenige kognitive Aufgaben, die ganz spezifisch Ressourcen von nur einer Hemisphäre erfordern. Die meisten Aufgaben werden mittels Ressourcen (und Mechanismen) beider Hemisphären gelöst. Wieviele Ressourcen aus LH und RH im einzelnen beteiligt sind, ist nicht nur aufgaben-, sondern z.B. auch instruktionsabhängig.

Friedman und Polson (1981) führen zur Unterstützung ihrer Modellvorstellung eine Reihe von Dual-Task-Experimenten an, auf die im einzelnen hier nicht eingegangen wird (z.B. Hellige & Cox, 1976; Hellige et al., 1979). Dabei sind aber zwei weitere Annahmen von Belang: Erstens verfügt jede Hemisphäre über die gleiche maximale Summe von Ressourcen. Zweitens sind von linker und rechter Hemisphäre zu jedem Zeitpunkt gleich viele Ressourcen verfügbar, Aktivierung jeglicher Art oder Aufmerksamkeitsschwankungen beeinflussen also die Höhe der verfügbaren Ressourcen in beiden Hemisphären genau gleich. Mit diesem Paradigma sind

scheinbar absurde Resultate aus der Literatur gut interpretierbar. Kinsbourne und Cook (1971) mögen als Beispiel herhalten: Sie stellten fest, dass das Balancieren eines Stabes als alleinige Aufgabe mit der rechten Hand etwas besser gelang als mit der linken Hand. Wenn zugleich aber Sätze wiederholt werden mussten, sank die Leistung der rechten Hand, aber stieg die Leistung der linken Hand. Friedman und Polson (1981) erklärten den Leistungsabfall der rechten Hand damit, dass die LH für die Dual-Task-Situation zu wenig Ressourcen zur Verfügung hatte. Betreffend des Leistungsanstiegs der linken Hand nahmen sie an, Sätze wiederholen benötige mehr Ressourcen als Balancieren. Die verbale Tätigkeit der LH bewirkte deshalb auch eine erhöhte Verfügbarkeit von Ressourcen in der RH (verglichen mit der Single-Task-Situation), mit der Konsequenz eines Leistungsanstiegs der linken Hand.

Wie bei Moscovitch (1986) bleibt auch bei Friedman und Polson (1981) letztlich unklar, wie der Begriff "Ressourcen" aufzufassen ist. Er bleibt abstrakt, ist von Begriffen wie Aufmerksamkeit oder Aktivierung kaum abzugrenzen, selbst eine ganz allgemeine Definition ist bei keinem der Autoren zu finden.

3.5. FAZIT

Was mit "Entwicklung der Fragestellung" betitelt wurde, nimmt entgegen der Usanz recht breiten Raum ein. Der Grund dafür liegt erstens darin, dass unsere Fragestellung - wie die beiden Hemisphären Informationen integrieren - sehr allgemein gehalten ist, was eine Eingrenzung auf einen engen Bezugsrahmen verunmöglichte. Dass die Fragestellung so allgemein formuliert wurde, musste aber gerechtfertigt werden. Das ist der zweite Grund für die

Breite der Darstellung. Mit der Zusammenfassung von Literatur und Modellvorstellungen war ich bestrebt zu zeigen, dass bezüglich interhemisphärischer Integration noch wenig greifbare Daten und höchstens minimal ausformulierte theoretische Überlegungen vorliegen. Der theoretische Rahmen ist hiermit ziemlich vollständig abgesteckt. Bei der Darstellung der eigenen Resultate sind wir dadurch in der vorteilhaften Lage, jeweils knappe Rückbezüge auf bereits bestehende Daten und Interpretationen einflechten zu können. Damit sei nun aber endgültig zum empirischen Teil der Arbeit eingeläutet.

4. INSTRUMENTARIUM

Das von uns verwendete Tachistoskop ist als Gesamtheit ein Eigenprodukt der Neuropsychologischen Abteilung, indem verschiedene separate Einzelteile so miteinander verschaltet wurden, dass daraus ein recht anspruchsvolles Drei-Kanal-Tachistoskop entstand, mit dem - als Besonderheit - eine Kontrolle der Augenbewegungen möglich war. Wir beschreiben in diesem Kapitel die Hardware, den grundsätzlichen experimentellen Ablauf und schon im Vorversuchsstadium absehbare mögliche Probleme.

4.1. HARDWARE

Die gesamte Maschinerie wurde innerhalb und ausserhalb einer schallisolierten Kabine (Innenmasse 200x200x200 cm) aufgebaut, wie in Abbildung 3 schematisch dargestellt. Die Stimuli wurden mittels dreier Diaprojektoren (Kodak Carousel S-RA 2000) von ausserhalb der Kabine durch ein Fenster und über die Versuchsperson hinweg auf eine Leinwand (110x90 cm) im Innern der Kabine projiziert. (Für ein einzelnes Experiment wurde zu einem späteren Zeitpunkt noch ein vierter Projektor eingebaut.) Vor der Linse jedes Projektors war ein separat anzusteuender Verschluss (der Marke "Compur") angebracht, der eine Reizdarbietung von minimal 10 Millisekunden erlaubte. Ebenfalls ausserhalb der Kabine war ein Printer angeschlossen, zum Ausdrucken verschiedener experimenteller Parameter und Variablen, sowie die Schaltzentrale der gesamten Apparatur, ein Z80-Mikroprozessor ("Minibit") mit Bildschirmdisplay (VC414).

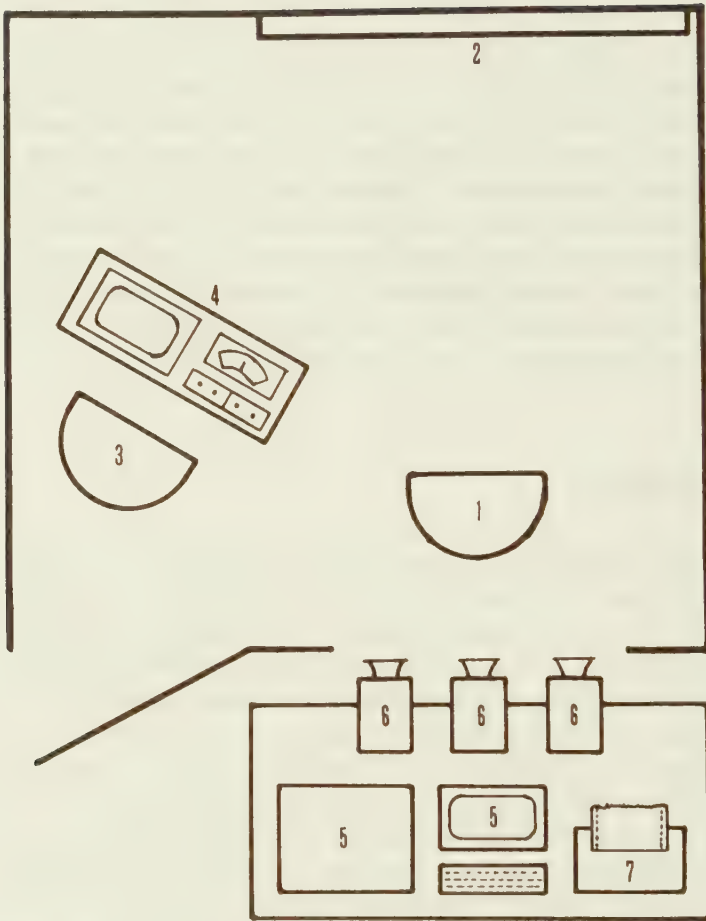


Abbildung 3 Grundriss der instrumentellen Anordnung.
 1 = Versuchsperson, 2 = Leinwand, 3 = Versuchsleiter,
 4 = Steuer- und Überwachungsgeräte für den Versuchsleiter,
 5 = Mikroprozessor mit Display, 6 = Projektoren mit Verschlüssen, 7 = Printer.

Im Innern der Kabine war für die Versuchsperson ein in der Höhe verstellbarer (alter Zahnarzt-) Stuhl instal-

liert, dessen Provenienz zwar auf Versuchspersonen kaum beruhigend wirkte, der wegen seines grossen Gewichtes aber auch von unruhigen Versuchspersonen nicht versehentlich verschoben werden konnte. Ein daran fix montierter, ebenfalls in der Höhe verstellbarer Sturzhelm diente der Kopffixation. Der gross nummerierte Helm war im Innern mit aufblasbaren Luftkissen ausgestattet, um die effektive Grösse des Helmes individuell anpassen zu können.

An diesem Helm wiederum waren für jedes Auge Lichtquelle und Sensoren des "Eye Movement Monitor" (Applied Science Laboratories G+W Eye Trac, Model 200) angebracht, zur Überwachung und experimentellen Berücksichtigung horizontaler Augenbewegungen. In Abbildung 4 ist die Messung der Augenposition bzw. -bewegungen veranschaulicht. Eine Infrarot-Lichtquelle strahlt in die Mitte des Auges, sie ist auf die Pupille gerichtet. Links und rechts davon befindet sich je eine Fotozelle, Sensoren, welche die reflektierte Lichtmenge aufnehmen. Bei symmetrischer Anordnung, wenn das Auge geradeaus in Richtung Lichtquelle blickt und die Lichtquelle genau auf die Mitte des Auges gerichtet ist, empfängt jeder Sensor etwa die gleiche Lichtmenge, weitgehend bestimmt durch die von der Sklera reflektierte Lichtmenge. Rotiert der Augapfel nun in Richtung linkem Sensor, empfängt dieser eine vergleichsweise geringere Lichtmenge, weil das Dunkle von Pupille und Iris wenig Licht reflektiert. Der rechte Sensor aber empfängt eine grössere Lichtmenge, weil die weisse Sklera viel Licht reflektiert. Wenn der Augapfel nach rechts rotiert, geschieht sinngemäss dasselbe, der linke Sensor empfängt dann mehr, der rechte aber weniger Licht, verglichen mit der Grundposition. Die Messung von Augenbewegungen besteht nun in der Verrechnung der empfangenen Lichtmengen von linkem und rechtem Sensor. Der Differenzwert wird digitalisiert (Wertbereich 1 bis 255) und auf einem Voltmeter sichtbar gemacht. Die Messgenauigkeit für horizontale Au-

genbewegungen wird vom Hersteller mit mindestens 0.25° angegeben, mit einer rigiden Kopffixation sei die Auflösung sogar auf wenige Bogenminuten zu verbessern. Vorabklärungen mittels "künstlicher Augen" bestätigten diese Angaben.

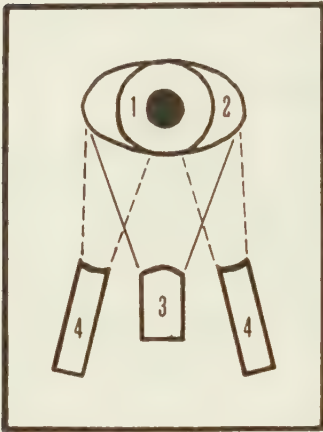


Abbildung 4 Prinzip der Augenbewegungsmessung. 1 = Iris, 2 = Sklera, 3 = Lichtquelle, 4 = Sensoren.

Der Experimentator sass links von der Versuchsperson und überwachte anhand von Voltmeter und zusätzlichem Bildschirmdisplay den experimentellen Ablauf. Beim Vorexperiment (siehe Kapitel 5) war der Ablauf von einer Exposition zur andern vollständig automatisiert. Nachher standen dem Versuchsleiter Steuerknöpfe zur Verfügung, womit die Stimuli manuell und einzeln abgerufen wurden.

Wie erwähnt, erfolgte die zentrale Steuerung durch einen Z80-Mikroprozessor. Über die Software sei nur soviel gesagt, dass das Grundprogramm für den allgemeinen experimentellen Ablauf (Dia-Ansteuerung, etc.) in BASIC programmiert war, dass aber dort, wo Millisekunden von Belang waren (z.B. für Verschluss-Steuerung), ASSEMBLER-Subroutinen eingesetzt wurden.

4.2. DIE INDIVIDUELLE ABSTIMMUNG DER APPARATUR

Die individuelle Abstimmung der Apparatur - salopp: das Einspannen der Versuchsperson - erfolgte jeweils nach der einführenden Instruktion. Zuerst wurde der Helm aufgesetzt und die Luftkissen im Innern so weit aufgeblasen, dass eine möglichst gute Kopffixation gewährleistet war. Als Einschränkung war natürlich das Wohlbefinden der Versuchsperson zu berücksichtigen, für welche der entstehende Druck auf die Kopfhaut für etwa 30 bis 60 Minuten erträglich sein musste. Der Stuhl wurde so eingestellt, dass die Position der Augen in allen drei Dimensionen für alle Versuchspersonen dieselbe war. Der Augen-Leinwand-Abstand betrug 143 cm. Anschliessend folgte für beide Augen die Justierung von Infrarot-Lichtquelle und Fotozellen. Die Versuchsperson fixierte einen Punkt auf Augenhöhe in der Mitte des Gesichtsfeldes (0° horizontale und vertikale Abweichung). Lichtquelle und Sensoren, die nebeneinander praktisch parallel angeordnet waren, wurden leicht schräg von unten her auf die Pupille gerichtet, so dass das Gesichtsfeld höchstens unterhalb der Leinwand, auf der die Stimuli erschienen, etwas eingeschränkt war. Auch bei der horizontalen Justierung war zu beachten, dass die Lichtquelle auf die Pupille gerichtet war. Die Apparatur musste möglichst nahe vor die Augen platziert werden, um auch bei kleineren Augenbewegungen noch einen messbaren Ausschlag des Voltmeters zu erzielen. Mit dem idealen Abstand von etwa 1 cm wurden auf dem Voltmeter genügend grosse Ausschläge beobachtet, um die Genauigkeit der Apparatur ausnützen zu können. Bei diesem Abstand touchierten aber die Augenwimpern der meisten Versuchspersonen die Sensoren. Das war technisch zwar unbedenklich, aber unangenehm für die betreffende Versuchsperson. In Einzelfällen wurden deshalb Lichtquelle und Sensoren etwas weiter vom Auge entfernt, jedoch höchstens so weit, dass noch eine Auflösung von wenigstens einem Grad möglich war.

Waren die Ausschläge auf dem Voltmeter für gleich grosse Sakkaden nach links und nach rechts einigermaßen symmetrisch, konnte die erste Eichung vorgenommen werden, deren Messwerte als Basis für die Beobachtung des Blickverhaltens während der unmittelbar nachfolgenden Stimuli dienten. Zudem waren Augenbewegungsmonitor und Verschlüsse softwaremassig so miteinander verschaltet, dass ein Stimulus nur dann projiziert wurde, wenn die Blickrichtung der Versuchsperson innerhalb eines im voraus definierten Ranges lag.

4.3. DIE MÖGLICHEN QUELLEN VON ARTEFAKTEN

Was vorgängig als ziemlich reibungsloser Ablauf geschildert wurde, stellte beim praktischen Experimentieren einige Probleme. Als erstes ist die Kopffixation zu erwähnen. Der im Innern aufblasbare Helm scheint zwar einen optimalen Kompromiss zwischen Praktikabilität einerseits und eher inhumanen Methoden anderseits darzustellen. Die damit erreichte Fixierung ist aber bei weitem nicht absolut. Kopfbewegungen waren immer noch möglich - wenn auch mehr oder weniger nur mit Gewalt. Solche absichtlichen Kopfbewegungen schlugen sich sehr deutlich in den Messwerten nieder. Vorabklärungen zeigten auch, dass unabsichtliche grobere Körperbewegungen wie Scharren mit den Beinen oder Gestikulieren das Voltmeter ausschlagen liessen. So ist die verwendete Kopffixation eher als ziemlich direktive Unterstützung zu einer stabilen Kopfposition denn als völlige Fixation zu betrachten. Das bedeutet auch, dass die gute Kooperation der Versuchspersonen unabdingbar war.

Schwererwiegende Artefakte waren im Zusammenhang mit dem Augenbewegungs-Monitor zu befürchten. Zum Beispiel Augenzwinkern wurde vom Eye Trac als massive Augenbewegung

interpretiert, und zwar als konvergentes Schielen, als Bewegung des linken Auges nach rechts und des rechten nach links. In gleicher Weise veränderte das Zusammenkneifen der Augenlider – zum schärferen Fokussieren oder beim Lachen – die Messwerte.

Ganz generell war ein Shift der Messwerte über die Zeit zu beobachten. Wie in Vorabklärungen festgestellt, veränderten sich die Messwerte für die geeichten Augenpositionen innerhalb weniger Minuten in der einen oder anderen Richtung und drifteten dann meist wieder zurück, um in die andere Richtung zu shiften. Vetsch und Gygax (1976) haben in einer Reliabilitätsstudie dieses Phänomen eingehender beschrieben. Es tritt auch bei anderen Messtechniken, z.B. beim EOG (Elektrookulograph), auf. Die genaue Ursache dieses Shifts ist meines Wissens noch unbekannt. Sicher aber liegt sie nicht bei der Hardware. Eher kämen psychisch bedingte Verspannungen oder evtl. auch Blickstrategien seitens der Versuchspersonen als Ursache für dieses Phänomen in Frage.

Recht häufig war während des Experimentierens zu beobachten, dass die Messwerte des einen Auges, meistens des linken, viel unstabiler waren als die Messwerte des anderen Auges. Während das rechte Auge über mehrere Stimulusexpositionen hinweg stabile Werte zeigte, schien das linke Auge vorübergehend nach rechts zu "wandern", wie um das kontralaterale Gesichtsfeld zu explorieren. Mit dem Schliessen beider Augen für einige Sekunden, sozusagen als Entspannungsübung, konnten solche Konvergenzen in der Blickrichtung wieder unterdrückt werden, sie traten aber oft nach einiger Zeit erneut auf. In der medizinischen Literatur sind diese einäugigen konvergenten Shifts als Folge von "Esophorien" bekannt (siehe Alpern, 1969), als Folge eines "latenten Schielens", welches bei starker Konvergenz der Augen oder bei Ermüdung manifest und somit zu einem

echten Schielen werden kann (Definition nach Pschyrembel, 1972).

Allgemein wurde eine sehr grosse Varianz im Verhalten der Versuchspersonen festgestellt. Während die einen sich als ruhige, gute Fixierer erwiesen, zeigten andere ein derart unruhiges Blickverhalten, dass das Experiment abgebrochen werden musste. Etwa 10% bis 20% der aufgebotenen Versuchspersonen konnten einzig aus diesem Grund nicht untersucht werden. Psychische Faktoren scheinen hierbei im Vordergrund zu stehen. Die Situation war für die Versuchspersonen schon rein körperlich beengend und stellte trotz gegenteiliger Aufklärung wohl für viele dennoch eine Testsituation dar. MacDonald und Hiscock (1985) erbrachten Hinweise, dass Angstgefühle die Augenmotilität erhöhen. Im übrigen wird das Problem von möglichen Augenbewegungen oder Fixationsungenauigkeiten in der tachistoskopischen Literatur sehr stiefmütterlich behandelt (siehe auch Kapitel 2.3.3 über methodenspezifische Probleme). Eine genaue und zuverlässige Fixation allein aufgrund entsprechender Instruktion wird als problemlos erfüllte Testbedingung angenommen, was aber nur wenige Autoren zu explizieren wagen (z.B. Dimond & Beaumont, 1972; McKeever & Gill, 1972; Jones & Santi, 1978).

Schlussfolgernd ist anzumerken, dass einerseits mit dem Eye Movement Monitor wohl ein Instrument mit sehr feiner Auflösung zur Verfügung stand, andererseits aber die Testsituation dieser Genauigkeit nur dann gerecht werden konnte, wenn die Versuchspersonen über genügend Disziplin und psychische Robustheit der experimentellen Situation gegenüber verfügten, was nicht immer der Fall war. Aber selbst bei optimaler Situation und guter Kooperation der Versuchspersonen zeigten sich noch immer massive Unterschiede bezüglich des Blickverhaltens, was hier summarisch als gegebene individuelle Variation betrachtet werden kann, ohne auf genauere Ursachen einzugehen. Nicht vergeblich ist

das Studium von Augenbewegungen ein eigener Forschungszweig innerhalb der Psychologie.

Als Konsequenz dieser Betrachtungen lässt sich folgendes ableiten:

- Insgesamt verfügen wir über eine relativ grobe, aber immerhin objektive Kontrolle der Augenbewegungen.
- Diszipliniertes Verhalten der Versuchspersonen (Zwinkern während Eichung und Stimulusdarbietung vermeiden, keine groben Körperbewegungen, etc.) vermindert die Artefaktmöglichkeiten beträchtlich.
- Im experimentellen Ablauf sind infolge jederzeit möglicher minimaler Verhaltensänderungen (z.B. Zusammenkneifen der Augenlider) oder Positionsverschiebungen (Kopffixation) häufige Neueichungen der Augenmesswerte notwendig.

5. VOREXPERIMENT

Mit dem Vorexperiment verfolgten wir das generelle Ziel, die Praktikabilität der gesamten Maschinerie zu testen. Im Wissen um eventuelle methodische Schwierigkeiten im Zusammenhang mit der Augenbewegungsregistrierung wollten wir ausprobieren, ob ganz allgemein ein sinnvoller experimenteller Ablauf überhaupt möglich war. Zudem stellte sich die inhaltliche Frage, ob sich unter den gegebenen erschwerenden Bedingungen dennoch Resultate ergeben, die den theoretischen Vorstellungen entsprechen. Mit der Augenbewegungsregistrierung ging immerhin eine für die Versuchspersonen recht beengende Situation einher, im Unterschied zu "traditionellen" tachistoskopischen Experimenten. Wir wissen ja aus der Literatur, dass auch kleine Änderungen in der experimentellen Situation grosse Auswirkungen auf die Resultate haben können (siehe Kapitel 2.3.2). Da es sich bei diesem Vorexperiment um eine Kontrolle, um eine Eichung der Maschinerie handelt, wurde ein sehr gebräuchliches Stimulusmaterial mit gängiger Aufgabenstellung verwendet, so dass ein Vergleich mit Resultaten aus der Literatur problemlos möglich war.

5.1. METHODE

5.1.1. Versuchspersonen

Es wurden 16 Versuchspersonen untersucht, 8 Frauen und 8 Männer. Die meisten waren Studenten, die übrigen hatten eine akademische Berufsausbildung. Alle waren bezüglich des Untersuchungsgegenstandes naiv. Das Durchschnittsalter betrug 26.36 Jahre ($SD = 3.95$ Jahre). Alle waren gemäss des Edinburgh Händigkeitsinventars (Oldfield, 1971) rechts-

händig und hatten eine normale oder durch Kontaktlinsen korrigierte Sehschärfe.

5.1.2. Stimuli

Als Stimulusmaterial dienten Strings von vier Konsonanten, schwarz auf weiss, in Grossbuchstaben der Orator Schreibmaschinen-Schrift. Die Buchstaben wurden in drei verschiedenen Anordnungen dargeboten, entweder aufrecht in horizontaler oder vertikaler Anordnung, oder aber vertikal in normaler, fortlaufender Schreibweise, d.h. die einzelnen Buchstaben waren um 90° rotiert, nach links bei Projektion im linken Gesichtsfeld (LVF) oder nach rechts bei Projektion im rechten Gesichtsfeld (RVF), also immer so, dass die Schriftunterseite gegen den Fixationspunkt gerichtet war (siehe Abbildung 5). Die Konsonantenstrings wurden ausserhalb von 4.0° links und/oder rechts des Fixationspunktes gezeigt, die vertikale Ausdehnung war symmetrisch um die horizontale Null-Grad-Linie, die Stimuli lagen also auf Augenhöhe. Horizontale und vertikale Ausdehnung der Strings waren bei horizontaler Anordnung 3.0° auf 1.2° , bei vertikaler Anordnung 0.75° auf 5.1° und bei vertikal-rotierter Anordnung 1.2° auf 3.0° .

Die total 50 Stimuli verteilten sich in fünf verschiedene Präsentationsbedingungen mit je 10 Stimuli: bilaterale, horizontale Anordnung (in LVF und RVF simultan je ein String), bilaterale, vertikale Anordnung (dito); unilaterale, horizontale Anordnung (fünf in LVF, fünf in RVF), unilaterale vertikale Anordnung (dito) und unilaterale vertikal-rotierte Anordnung (dito).

H L C P V R Z N	X V B H Q T M V
M G F B	T L R N

Abbildung 5 Stimulusbeispiele: Oben bilaterale Items (links horizontale, rechts vertikale Anordnung), unten unilaterale Items (links vertikale, rechts vertikal-rotierte Anordnung).

Die Auswahl der Konsonanten erfolgte nach Zufall, mit der einzigen Einschränkung, dass pro Exposition keiner mehrfach vorkommen durfte. Die Reihenfolge der 50 Stimuli wurde ebenfalls durch Zufall bestimmt und jeder Versuchsperson in der selben Abfolge gezeigt.

5.1.3. Durchführung

Die Versuchspersonen wurden anhand verschiedener Beispiele ohne Zeitlimitierung instruiert, sie sollten möglichst viele der jeweils projizierten Konsonanten nennen, egal in welcher Reihenfolge. Die Stimuli wurden nur gezeigt, wenn die gemessene Position beider Augen innerhalb von 2.0° links oder rechts des Fixationspunktes lagen. Damit blieb noch eine Sicherheitsmarge von 2.0° , was in tachistoskopischen Experimenten als übliche Stimulus-Exzentrizität gilt (siehe Beaumont, 1982, 19). Bei Augenbewegungen über 2.0° hinaus wurde die Exposition abgebrochen.

Als Basis für die Messung dienten die Messwerte der jeweils vorangegangenen Eichung, welche zu Beginn und dann immer wieder nach 10 Stimuli neu vorgenommen wurde. Für die Eichung wurde ein Dia gezeigt mit fünf Messpunkten, d.h. Kreuze mit dem Schnittpunkt bei 0.0° , 2.0° rechts, 4.0° rechts, 2.0° links und 4.0° links. Die Versuchsperson fixierte in dieser Reihenfolge die einzelnen Punkte, wobei der Versuchsleiter per Knopfdruck die entsprechenden Werte einlas, 20 Werte pro Fixation im Abstand von 20 Millisekunden (ms). Aus den 20 Werten wurde für jeden Punkt einen Mittelwert berechnet. Die Grenzwerte des "erlaubten" Bereiches, d.h. die kritischen Werte für 2.0° links bzw. rechts des Fixationspunktes ergaben sich durch Mittlung der Werte von 0.0° , 2.0° links und 4.0° links, bzw. von 0.0° , 2.0° rechts und 4.0° rechts. Die Eichung konnte beliebig oft wiederholt werden. Wurde sie aber einmal als gültig akzeptiert, galt sie definitiv für die nächsten 10 Stimuli.

Nach der Eichung wurde ein einzelner Fixationspunkt gezeigt. Sobald die Versuchsperson gut fixierte, folgte die Stimulusexposition für 200 ms, sofern sie nicht durch eine Augenbewegung vorzeitig abgebrochen wurde. Danach erschien wieder der einzelne Fixationspunkt, und die Versuchsperson beantwortete den Stimulus. Waren die Versuchspersonen unsicher, wurden sie ermuntert zu raten. Die richtig erkannten Konsonanten wurden vom Versuchsleiter notiert. Nach etwa 10 Sekunden folgte automatisch der nächste Stimulus, sofern die Versuchsperson genügend gut fixierte. Am Ende jeder Exposition wurden zwecks separater Analyse (siehe Kapitel 10) die aktuellen Augenpositionen automatisch abgespeichert.

5.2. RESULTATE

Um mögliche Besonderheiten bei denjenigen Stimuli aufzufangen, die wegen Augenbewegungen nicht für die gesamte vorgesehene Expositionszeit von 200 ms gezeigt wurden, erfolgte die Datenanalyse separat: In einem ersten Schritt wurden die Items ohne vorzeitigen Expositionsabbruch durch Augenbewegungen analysiert und erst hinterher die Items, bei welchen größere Augenbewegungen vorkamen, näher angeschaut.

Lage		LVF	RVF	total
horizontal	Mean	8.31	11.44	9.88
	SD	3.59	4.99	3.74
vertikal	Mean	10.44	11.38	10.91
	SD	3.93	4.76	3.80
total	Mean	9.38	11.41	
	SD	3.60	4.15	

Tabelle 1 Bilaterale Bedingungen, Items mit 200 ms Expositions-dauer: Mittelwerte und Standardabweichungen der richtig erkannten Buchstaben in Abhängigkeit von Gesichtsfeld und Lage. Theoretisches Maximum pro Zelle = 40.00. N = 16.

Bei der varianzanalytischen Betrachtung der für 200 ms gezeigten Stimuli wurden die bilateralen und unilateralen Bedingungen getrennt analysiert, weil bei einer gesamthaften Analyse das Problem unbesetzter Zellen entstanden wäre (keine vertikal-rotierte Anordnung bei bilateraler Präsentation). Zunächst wurden die Resultate der bilateralen Bedingungen (Anzahl richtig genannter Konsonanten pro Versuchsperson) einer zweifaktoriellen Varianzanalyse für abhängige Stichproben unterzogen, mit Gesichtsfeld (LVF, RVF) und Lage (horizontal, vertikal) als Faktoren. Die Zellenmittelwerte sind in Tabelle 1 wiedergegeben. Es resultierte ein signifikanter Haupteffekt

für den Faktor Gesichtsfeld ($F_{1,15} = 4.91$, $p < .05$), nicht aber für den Faktor Lage ($F_{1,15} = 1.67$, $p = .22$). Die Wechselwirkung war nicht signifikant ($F_{1,15} = 3.48$, $p = .08$).

Um auch die Resultate der unilateralen Bedingungen varianzanalytisch betrachten zu können, musste vorerst der Datensatz bereinigt werden. Damit die Summenwerte in den Faktorausprägungen LVF und RVF innerhalb jeder Versuchsperson auf der gleichen Anzahl Expositionen beruhten, wurden überzählige Expositionen nach Zufall aus der Analyse ausgeschlossen. Die Zellenmittelwerte der zweifaktoriellen Varianzanalyse für abhängige Stichproben mit den Faktoren Gesichtsfeld (LVF, RVF) und Lage (horizontal, vertikal, vertikal-rotiert) sind in Tabelle 2 dargestellt. Es wurden signifikante Haupteffekte sowohl für den Faktor Gesichtsfeld ($F_{1,15} = 30.34$, $p < .001$) als auch für den Faktor Lage ($F_{2,30} = 4.54$, $p < .05$) beobachtet, hingegen war die Wechselwirkung nicht signifikant ($F_{2,30} < 1.00$).

Lage		LVF	RVF	total
horizontal	Mean	7.88	9.31	8.60
	SD	2.73	3.68	3.08
vertikal	Mean	9.88	11.75	10.82
	SD	2.85	3.10	2.63
vertikal- rotiert	Mean	9.06	10.88	9.97
	SD	3.04	3.34	3.13
total	Mean	8.94	10.65	
	SD	2.16	2.77	

Tabelle 2 Unilaterale Bedingungen, Items mit 200 ms Expositionsdauer: Mittelwerte und Standardabweichungen der richtig erkannten Buchstaben in Abhängigkeit von Gesichtsfeld und Lage. Theoretisches Maximum pro Zelle = 20.00. N = 16.

Die a-posteriori-Vergleiche (nach Newman-Keuls, in Winer, 1971) ergaben, dass sich die horizontale Bedingung signifikant sowohl von der vertikalen Bedingung ($p < .01$) als auch von der vertikal-rotierten Bedingung ($p < .05$)

unterschied. Die vertikale und die vertikal-rotierte Bedingung unterschieden sich aber nicht signifikant voneinander ($p > .05$).

Bei etwa einem Viertel von total 800 Stimulusdarbietungen wurden gröbere Augenbewegungen von mehr als 2.0° Abweichung vom Fixationspunkt registriert und wurde die Exposition also vorzeitig - vor 200 ms - abgebrochen. Wir wollten Hinweise darauf erhalten, ob sich diese grundsätzliche Veränderung in der experimentellen Bedingung sichtbar in den Resultaten niederschlug. Tabelle 3 gibt einen Überblick über die Resultate bei den Stimuli, bei welchen die Expositionszeit weniger als 200 ms betrug, aufgeschlüsselt in fünf Zeitintervalle von 40 ms. In der unilateralen Bedingung wurde wiederum darauf geachtet, dass die Gesamtsumme der richtig erkannten Buchstaben in LVF und RVF in jeder Klasse auf gleich vielen Beobachtungen beruhen, durch Ausschluss einzelner Stimuli nach dem Zufallsprinzip. Als erstes generelles Merkmal fällt auf, dass sowohl bei bilateraler als auch bei unilateraler Stimulation in jedem Zeitintervall im RVF mehr Buchstaben richtig erkannt wurden als im LVF.

Expos.- Zeit ms	bilateral			unilateral			total		
	Anzahl	Σ	erk.B.	Anzahl	Σ	erk.B.	Anzahl	Σ	erk.B.
	Expos.	LVF	RVF	Expos.	LVF	RVF	Expos.	LVF	RVF
1- 40	8	2	7	10	9	11	18	11	18
41- 80	4	3	7	6	6	7	10	9	14
81-120	47	58	74	52	57	65	99	115	135
121-160	26	34	35	22	28	34	48	62	69
161-199	10	12	17	8	11	11	18	23	28
total	95	109	140	98	111	128	193	220	268

Tabelle 3 Summe der richtig erkannten Buchstaben in LVF und RVF bei unterschiedlich langer Expositionszeit.

Um weitere Informationen über den anscheinend geringen Einfluss von der Güte der Fixation und der Expositions-

zeit zu erhalten, wurden die Versuchspersonen in gute und schlechte Fixierer unterteilt. Die acht Versuchspersonen, die das ruhigste Blickverhalten zeigten, bei welchen also von den total 50 Expositionen nur wenige frühzeitig abgebrochen wurden, bildeten die Gruppe der guten Fixierer (3, 3, 4, 5, 6, 6, 8 und 11 vorzeitig abgebrochene Expositionen). Die anderen acht Versuchspersonen mit häufigeren Expositionsabbrüchen (14, 14, 14, 16, 23, 26, 30 und 35) wurden als schlechte Fixierer klassifiziert. Mit dieser Gruppierung wurde eine zweifaktorielle Varianzanalyse für abhängige Stichproben über den gesamten Datensatz gerechnet, also über alle Items und Bedingungen, mit dem abhängigen Faktor Gesichtsfeld (LVF, RVF) und dem zusätzlichen unabhängigen Faktor Blickverhalten (gute, schlechte Fixierer). In Tabelle 4 sind die Zellenmittelwerte festgehalten. Es resultierte ein signifikanter Haupteffekt für den Faktor Gesichtsfeld ($F_{1,15} = 6.22$, $p < .05$), nicht aber für den Faktor Blickverhalten ($F_{1,7} < 1.00$), auch die Wechselwirkung war nicht signifikant ($F_{1,15} < 1.00$).

Gruppe	N		LVF	RVF	total
gute Fixierer	8	Mean	56.38	68.63	62.51
		SD	4.98	9.09	5.68
schlechte Fixierer	8	Mean	60.50	70.50	65.50
		SD	17.88	14.49	14.13
total	16	Mean	58.44	69.57	
		SD	12.86	11.72	

Tabelle 4 Gesamter Datensatz: Mittelwerte und Standardabweichungen der richtig erkannten Buchstaben in Abhängigkeit von Gesichtsfeld und Blickverhalten. Theoretisches Maximum pro Zelle = 140.00.

5.3. DISKUSSION

Bei der Analyse der Items ohne vorzeitigen Abbruch durch Augenbewegungen wurde für das Erkennen von Konsonanten generell eine signifikante Überlegenheit des RVF gefunden. Das entspricht sehr weitgehend dem Tenor der Literatur (siehe z.B. White, 1971; Rosen et al., 1975; Beaumont, 1982a). Im Gegensatz zu unseren Resultaten erzielten aber Young et al. (1984) wohl eine signifikante RVF-Überlegenheit für aussprechbare "Nonwords", aber keine signifikante Gesichtsfeldasymmetrie für nicht aussprechbare Buchstabenstrings. In den vorliegenden Daten trat diese RVF-Überlegenheit unterschiedslos sowohl in den bilateralen (Tabelle 1) als auch in den unilateralen Bedingungen (Tabelle 2) in Erscheinung, was dennoch mit der Mehrheit der publizierten Resultate in Einklang steht (siehe hierzu Kapitel 2.3.2.1). Als statistisch nicht abgestützte Anmerkung sei hinzugefügt, dass die Leistungen in den bilateralen Bedingungen insgesamt nur sehr geringfügig besser sind als die Leistungen in den unilateralen Bedingungen, trotz Verdoppelung des Reizangebotes.

Die Lage der Konsonantenstrings (horizontal vs. vertikal) zeitigte keinen signifikanten Einfluss in den bilateralen Bedingungen (entsprechend Mackavey et al., 1975), wohl aber in den unilateralen Bedingungen. Die signifikant schlechtere Leistung in der horizontalen Bedingung gegenüber den Bedingungen vertikal und vertikal-rotiert ist für diesen Haupteffekt verantwortlich. Möglicherweise entstand bei einer angenommenen Wahrnehmungsrichtung von links nach rechts, entsprechend der Lesegewohnheit, bei horizontaler Lage eine grössere Interferenz zwischen den einzelnen Buchstaben als bei vertikaler Lage, im Sinne einer erschwerten Diskrimination, was die Gesamtleistung in dieser Bedingung herabsetzen würde. Diese Vermutung entspringt der Tatsache, dass beim Tippen der Vorlagen der

engste Buchstabenabstand verwendet wurde, um die äussersten der horizontal angeordneten Buchstaben nicht zu weit exzentrisch darzubieten (Exzentrizität war 4.0° bis 7.0°). Die Annahme, dass der entstandene Haupteffekt grösstenteils durch den engen Buchstabenabstand bedingt ist, wird durch Angaben von Webb, Fisher-Ingram und Hope (1983) gestützt, die beim Vergleich unilateraler horizontaler und vertikaler Fünf-Buchstaben-Strings keinen solchen Haupteffekt fanden. Im übrigen ist in der Literatur für diesen Umstand kein direkt vergleichbares, bestätigendes oder gegenläufiges Resultat greifbar. Jedenfalls aber ist bemerkenswert, dass bei vertikaler Lage die Rotation der Buchstaben um 90° (Vergleich der Bedingung vertikal mit vertikal-rotiert) keinen signifikanten Einfluss auf die Wahrnehmungsleistung ausübt.

Bei den Resultaten der Stimuli mit vorzeitigem Expositionsabbruch (Tabelle 3) fällt zunächst einmal auf, dass durchgehend in allen Zeitklassen im RVF mehr Buchstaben richtig erkannt wurden als im LVF. Das offensichtlich unterschiedliche Blickverhalten und die verkürzte Expositionszeit schienen also die Wahrnehmungsasymmetrie bei diesen Stimuli nicht zu verändern. Zweitens fällt auf, dass die über 2.0° hinausschiessenden Augenbewegungen relativ früh auftraten. Es wäre also nicht nötig gewesen, eine so lange Expositionszeit von 200 ms zu wählen, um eine beträchtliche Anzahl von vorzeitigen Stimulusabbrüchen zu ermöglichen. Es stellt sich nun die Frage nach der Ursache solcher relativ groben Augenbewegungen. Stellen sie eine Reaktion auf den projizierten Stimulus dar, oder besteht a priori bei diesen Expositionen eine generelle Fixationsunfähigkeit, unabhängig vom Auftreten des Stimulus? Die Häufung der vorzeitigen Expositionsabbrüche vor allem in zwei Zeitintervallen, um 120 ms herum, spricht dafür, dass ein reaktives Blickverhalten eine wesentliche Rolle spielt, ein unsystematisch unruhiges Blickverhalten müsste eher zu

einer Gleichverteilung der Abbrüche in den fünf verschiedenen Zeitintervallen führen. Das würde allerdings heissen, dass bei vielen dieser Expositionsabbrüche extrem schnell (vor 120 ms) reagiert worden wäre. Beaumont (1982b, 15) gibt sogar 150 ms als relativ "sichere" Expositionszeit an, bei welcher die Fokussierung eines 2.0° vom Fixationspunkt entfernten Stimulus kaum mehr möglich ist. Sicher spielen beide Verhaltensweisen - Reaktion auf den Stimulus und stimulusunabhängiges unruhiges Blickverhalten - eine Rolle, weil ja die 28 Expositionsabbrüche vor 80 ms keinesfalls reaktionsbedingt sein können. Die beiden Ursachen genau auseinanderzuhalten ist aber mit den vorliegenden Daten nicht möglich.

Auch über den gesamten Datensatz betrachtet (Tabelle 4), scheint die generelle Veränderung der experimentellen Bedingungen durch aktiveres Blickverhalten und kürzere Expositionszeiten keinen Einfluss auf die Wahrnehmung auszuüben: Die gesamthafte RVF-Überlegenheit wird weder durch einen Haupteffekt des Faktors Blickverhalten noch durch eine Wechselwirkung signifikant modifiziert, gute und schlechte Fixierer zeigen die gleich guten und gleichermassen asymmetrischen Wahrnehmungsleistungen. Allerdings sind die bedeutend grosseren Standardabweichungen bei den schlechten Fixierern auffällig. Aufgrund der etwas höheren Mittelwerte der schlechten Fixierer könnte man allerhöchstens spekulieren, dass sie durch ihr Blickverhalten eher einen Wahrnehmungsvorteil als ein Handicap einhandelten, dass also ihr Blickverhalten eher ein "Abfangen" des Stimulus (d.h. eine Reaktion) war als eine Störung (d.h. ein unsystematisch unruhiges Verhalten).

5.4. METHODISCHE SCHLUSSFOLGERUNGEN FÜR DIE WEITEREN EXPERIMENTE

Um trotz inhaltlicher Diskussion der Resultate den ursprünglich methodischen Zweck dieses Vorexperimentes herauszustreichen, seien ganz kurz die für die weiteren Experimente wesentlichen Schlussfolgerungen auf methodischer Ebene zusammengefasst:

1. Unsere Einrichtung, ein selbstgestricktes Tachistoskop mit für die Versuchspersonen etwas beengenderer Situation als üblich, schien grundsätzlich brauchbar, es wurden plausible Resultate damit erzielt.

2. Wegen der relativ häufigen Expositionsabbrüche durch Augenbewegungen wurden in den folgenden Experimenten, um Artefakte weiter zu reduzieren, häufigere Neueichungen der Augenmesswerte vorgenommen. Damit die Durchführung sich aber nicht allzu schwerfällig gestaltete, wurde dafür die Eichung selbst abgekürzt. Zudem wurde das automatisierte Ablaufen von Stimulus zu Stimulus aufgegeben, zugunsten einer manuellen Auslösung der Stimuli durch den Versuchsleiter, mit zusätzlicher verbaler Vorwarnung. Dadurch konnten sich die Versuchspersonen zwischen den einzelnen Stimuli eher entspannen.

3. Das beobachtete unterschiedliche Blickverhalten bei guten und schlechten Fixierern und die dadurch bedingten unterschiedlichen Expositionszeiten beeinflussten die Resultate nicht sichtbar. Dementsprechend wurde in den folgenden Experimenten auf eine diesbezügliche Aufteilung der Versuchspersonen oder Items verzichtet, um nebst grossem Aufwand nicht auch eine eventuell zu massive und einschränkende Datenreduktion in Kauf nehmen zu müssen.

4. Nur als Nebensächlichkeit sei erwähnt, dass bei den folgenden verbalen Experimenten der Buchstabenabstand vergrössert wurde.

6. EXPERIMENTE MIT VERBALEM MATERIAL

Wie in Kapitel 3.1 erwähnt wurde, ist es zur Erzwungung interhemisphärischer Integration notwendig, bilateral beide Gesichtsfelder bzw. Hemisphären zu stimulieren und in der Aufgabenstellung das Zusammenfügen der beiden Informationsteile aus linker und rechter Hemisphäre zu verlangen. Wir wissen von Davis und Schmit (1971, 1973), Dimond und Beaumont (1971) und Hardyck et al. (1978), dass bei Integration simultan dargebotenen verbalen Materials die bilaterale, interhemisphärische Verarbeitung der unilateralen Verarbeitung überlegen ist (siehe Kapitel 3.3.1), was Hardyck (1983) zu einer pauschalisierenden Schlussfolgerung geführt hat: "We know that interhemispheric comparisons of information are more efficient than intrahemispheric comparisons" (S. 224). Wir wissen nämlich auch, dass in den zwei Studien mit sequentieller Darbietung verbalen Materials umgekehrt eine unilaterale Verarbeitung der interhemisphärischen Verarbeitung überlegen war (Dimond et al., 1972; Fogliani et al., 1985). Allerdings findet sich nirgends in der Literatur ein direkter Vergleich zwischen simultaner und sequentieller Darbietung.

Es wird in diesem Kapitel nun von zwei verbalen Experimenten berichtet, wobei simultane und sequentielle Stimulation einander gegenübergestellt werden, um interhemisphärische Integration auch in Abhängigkeit zeitlicher Abläufe zu betrachten. Bezüglich des bei bilateraler Stimulation häufig vorgebrachten Einwandes, Lesegewohnheiten würden die Resultate verzerren, sei vorderhand auf Kapitel 2.3.2.1 verwiesen. Bei der Diskussion unserer Resultate wird nochmals darauf einzugehen sein.

6.1. SIMULTANE PRÄSENTATION

6.1.1. Methode

6.1.1.1. Versuchspersonen

Es wurden 32 Normalversuchspersonen untersucht, 16 Frauen und 16 Männer, hauptsächlich Studenten oder Versuchspersonen mit akademischer Ausbildung. Alle waren naiv bezüglich Untersuchungsmethode und Untersuchungszweck. Das Durchschnittsalter war 27.00 Jahre ($SD = 5.03$ Jahre), 27.19 Jahre für die Frauen ($SD = 5.47$ Jahre) und 26.81 Jahre für die Männer ($SD = 4.72$ Jahre). Alle Versuchspersonen waren gemäss Edinburgh Händigkeitinventar (Oldfield, 1971) rechtshändig und hatten eine normale oder durch Kontaktlinsen korrigierte Sehschärfe.

6.1.1.2. Stimuli

Jeder Stimulus bestand aus zwei simultan gezeigten, vertrauten Adjektiven, schwarz auf weiss, horizontal geschrieben in Grossbuchstaben der Orator Schreibmaschinen-Schrift. Die Wörter waren zwischen 4.0° und 8.6° links und/oder rechts des Fixationspunktes sowie zwischen 1.7° und 3.6° oberhalb und zwischen 1.7° und 3.6° unterhalb der horizontalen Null-Grad-Linie des Fixationspunktes angeordnet. Mit diesen Angaben sind vier Felder definiert, in welchen die Wörter präsentiert wurden. Bei den unilateralen Stimuli wurden jeweils die zwei auf der selben Seite des Fixationspunktes liegenden, vertikal angeordneten Felder verwendet. Bei den bilateralen Stimuli wurden die Adjektivpaare diagonal angeordnet, also das linke obere und das rechte untere oder das linke untere und das rechte obere Feld zugleich benutzt. Damit waren in allen Bedingungen die beiden Adjektive vertikal verschoben (siehe Abbildung 6).

RAUH GLATT	MATT HOCH
BRAV TREU	KEINE BEZIEHUNG ■ VERWANDT/ÄHNLICH GEGENTEIL

Abbildung 6 Stimulusbeispiele der Bedingung EVF-BH (oben) und der Bedingung LVF-RH (unten links). Unten rechts das Antwortdiagramm mit den drei möglichen Antworten.

Total 30 Adjektive wurden zu 20 Wortpaaren kombiniert. Zehn Adjektive wurden zweimal verwendet, aber in jeweils verschiedenen Bedingungen und in verschiedenen Kombinationen, jedes Adjektivpaar kam also nur einmal vor. Alle bis auf vier Adjektive bestanden aus vier Buchstaben, vier Adjektive aus fünf Buchstaben. Jeder Versuchsperson wurden zehn bilaterale Adjektivpaare gezeigt, je ein Adjektiv pro Gesichtsfeld (links und rechts), bzw. Hemisphäre (each visual field - both hemispheres; EVF-BH). Innerhalb der EVF-BH-Bedingung war die Stimulusanzahl in den beiden diagonalen Anordnungen (links oben mit rechts unten und vice versa) ausbalanciert. Fünf unilaterale Adjektivpaare wurden im linken Gesichtsfeld, also der rechten Hemisphäre präsentiert (LVF-RH) und fünf unilaterale Adjektivpaare im rechten Gesichtsfeld, also der linken Hemisphäre (RVF-LH). Die vollständige Liste der verwendeten Adjektivpaare findet sich in Anhang 14.2.1. Eine post hoc durchgeführte Analyse der Schwierigkeit der einzelnen Wortpaare zeigte keine nennenswerte Inkonsistenz der Items über die drei Präsentationsbedingungen (siehe Auflistung der Schwierigkeitsin-

dizes ebenfalls in Anhang 14.2.1). Die Stimuli wurden allen Versuchspersonen in derselben randomisierten Reihenfolge gezeigt.

Acht der 20 projizierten Adjektivpaare bezeichneten ein Gegenteil (z.B. "lang" und "kurz"), acht waren verwandt/ähnlich zueinander (z.B. "weit" und "fern") und vier hatten keine semantische Beziehung zueinander (z.B. "nett" und "leer"). Alle drei Typen von Beziehungen wurden gleichmassig auf alle Bedingungen verteilt. Die Beziehungen zwischen den Mitgliedern der Adjektivpaare waren eindeutig, die Interrater-Reliabilität bei Darbietung ohne Zeitlimite war 1.00. Um Gedächtniseffekte auszuschliessen, wurden die drei Antwortmöglichkeiten "keine Beziehung", "verwandt/ähnlich" und "Gegenteil" als Multiple-Choice-Auswahl gezeigt (siehe Abbildung 6).

6.1.1.3. Durchführung

Die Versuchspersonen hatten zu beurteilen, ob die zwei projizierten Adjektive ein Gegenteil bedeuteten oder verwandt/ähnlich zueinander waren oder keine Beziehung untereinander hatten. Sie wurden anhand einiger Beispiele ohne Zeitlimitierung ausführlich instruiert. Die Augenmesswerte wurden zu Beginn und dann nach jeweils fünf Expositionen wieder neu geeicht. Die Eichung erfolgte mittels dreier Punkte, dem Fixationspunkt bei 0.0°, bei 2.0° rechts und 2.0° links des Fixationspunktes. Die beiden letztgenannten Messwerte dienten direkt als Grenzwerte, die Stimuli wurden nur gezeigt, wenn die aktuell gemessene Position beider Augen innerhalb von 2.0° links oder rechts des Fixationspunktes lagen. Bei Augenbewegungen über 2.0° hinaus wurde die Exposition abgebrochen.

Den Versuchspersonen wurde zuerst das Antwortdia mit den drei möglichen Antworten und Fixationspunkt gezeigt.

Etwa eine Sekunde nach einer verbalen Warnung des Versuchsleiters wurden simultan die zwei Adjektive für 160 ms gezeigt, sofern die gemessenen Augenpositionen zu Beginn der Präsentation innerhalb von 2.0° lagen und die Präsentation nicht durch Augenbewegungen über 2.0° hinaus abgebrochen wurde. Danach folgte ein leeres, weisses Feld für die Dauer von einer Sekunde. Schliesslich wurde wieder das Antwortfeld mit Fixationspunkt gezeigt und die Versuchsperson gab mündlich ihre Antwort. Zögerte die Versuchsperson und war sie unsicher, wurde sie ermuntert zu raten. Eine richtige Antwort wurde mit einem Punkt bewertet. Die aktuellen Augenpositionen während und bis eine Sekunde nach Stimulusexposition wurden im Abstand von 40 ms abgespeichert, zwecks separater Analyse (siehe Kapitel 10). Für weitere technische Details bezüglich des Versuchsablaufs siehe Kapitel 4 und Kapitel 5.1.3.

6.1.2. Resultate

Die Resultate der drei experimentellen Gesichtsfeldbedingungen EVF-BH, LVF-RH und RVF-LH wurden in einer einfaktoriellen Varianzanalyse für abhängige Stichproben verglichen (siehe Tabelle 5). Zu diesem Zweck wurden zuvor die Skores der EVF-BH-Bedingung halbiert, weil in dieser Bedingung doppelt so viele Stimuli gezeigt worden waren als in den beiden unilateralen Bedingungen LVF-RH und RVF-LH. Die Varianzanalyse erbrachte einen signifikanten Haupteffekt ($F_{2,42} = 24.01$, $p < .0001$). Die a-posteriori-Vergleiche nach Newman-Keuls (in Winer, 1971) zeigten eine signifikant bessere Leistung in der Bedingung EVF-BH als in den Bedingungen LVF-RH ($p < .01$) und RVF-LH ($p < .01$), aber keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden letztgenannten, unilateralen Bedingungen ($p > .05$).

	EVF-BH	LVF-RH	RVF-LH
Mean	3.03	1.69	1.88
SD	1.02	0.86	1.16

Tabelle 5 Simultane Darbietung: Mittelwerte und Standardabweichungen der richtigen Antworten in Abhängigkeit der Gesichtsfeldbedingung. Theoretisches Maximum pro Zelle = 5.00. N = 32.

Eine Varianzanalyse, in der das Geschlecht der Versuchspersonen als zusätzlicher, unabhängiger Klassifikationsfaktor mitberücksichtigt wurde, ergab den selben Haupteffekt für den Faktor Gesichtsfeldbedingung ($F_{2,60} = 23.67$, $p < .0001$), sowie auch einen Haupteffekt für den Faktor Geschlecht ($F_{1,30} = 5.06$, $p < .05$), aber keine signifikante Wechselwirkung zwischen den beiden Faktoren ($F_{2,60} < 1.00$). Siehe hierzu Tabelle 14.1.1 des Anhangs.

6.1.3. Diskussion

Dass in der bilateralen Bedingung EVF-BH die signifikant besseren Resultate erzielt wurden als in den unilateralen Bedingungen LVF-RH und RVF-LH, stimmt überein mit Resultaten, die bereits von anderen Autoren mit simultaner Darbietung verbaler Reize erzielt wurden: Bei Davis und Schmit (1971, 1973) und Hardyck et al. (1978) zeigte sich genau dieselbe Ergebniskonfiguration, bei Dimond und Beaumont (1971) unterschieden sich zusätzlich auch noch die beiden unilateralen Bedingungen voneinander, die Resultate der RVF-LH-Bedingung waren signifikant besser als die der LVF-RH-Bedingung. Auch die vergleichbaren (simultanen) Bedingungen von Hartje et al. (1984) ergaben die selben Unterschiede wie hier.

Wohl ist es theoretisch möglich, dass die bessere Leistung in der bilateralen Bedingung hauptsächlich durch den Einfluss von Lesegewohnheiten zustande gekommen ist. Man könnte sich vorstellen, dass Lesegewohnheit (unabhängig von Augenbewegungen) die Wahrnehmung bei bilateraler Präsentation dadurch vereinfacht, dass beide Wörter in einem Zug, gleichsam als eine Zeile verarbeitet werden. Die beiden Adjektive waren zwar um 5.3° vertikal verschoben, aber noch viel deutlicher waren sie horizontal verschoben, nämlich um 12.6° . Demgegenüber könnten bei den unilateralen Stimuli, bei welchen die Adjektive nur vertikal verschoben waren, die beiden Wörter nicht in einem Zug, also nicht einzeilig verarbeitet werden, was die Leistung in diesen Bedingungen eher vermindern würde.

Die Mehrheit der oben erwähnten Autoren, bei welchen genau dieselbe Problematik bestand, hat sich nicht mit derlei Gedanken belastet. Auch wir neigen eher dazu, die Überlegenheit der EVF-BH-Bedingung als Folge einer Verteilung der Wahrnehmungsbelastung (perceptual load) auf beide Hemisphären zu betrachten. Oder gleichbedeutend, nur umgekehrt formuliert: Durch das Verteilen des Inputs auf beide Hemisphären wurde eine intrahemisphärische Überlastung, die bei unilateraler Stimulation stattfindet, vermieden. Alle oben erwähnten Autoren interpretierten ihre Resultate in dieser Art und Weise, auch wenn sie unterschiedliche Aspekte - bihemisphärische Verteilung und/oder intrahemisphärische Überlastung - betonten.

Zwischen den beiden unilateralen Bedingungen LVF-RH und RVF-LH besteht nur ein geringer, nicht signifikanter Leistungsunterschied. Die für diese Aufgabe erwartete Überlegenheit der LH konnte also nicht nachgewiesen werden. Es ist bei einem solchen semantischen Wortvergleich fast undenkbar, dass das Anwenden einer nicht-verbalen (rechtshemisphärischen) Strategie dafür verantwortlich ist. Eher scheint ein flooring effect den Unterschied zwischen

den beiden unilateralen Bedingungen verwischt zu haben, da sich die Aufgabe als sehr schwierig erwies. Die Leistung in der LVF-RH-Bedingung war praktisch auf Zufallsniveau (34% richtig), in der RVF-LH-Bedingung nur unwesentlich darüber (38% richtig). Immerhin unterstützt dieses Resultat die Annahme einer allgemeinen intrahemisphärischen Überlastung, unabhängig von der Spezialisierung der Hemisphären.

Die Variable Geschlecht wirkte sich im vorliegenden Experiment untypisch aus, indem die Frauen generell besser abschnitten als die Männer. Die bei Männern deutlicher ausgeprägte Asymmetrie ist nach McGlone (1980) und Bryden (1982) das bisher einzige mehr oder minder handfeste Resultat einschlägiger Forschung (siehe Kapitel 2.3.2.3). Die vorliegenden Daten sind aber nicht in dieser Richtung interpretierbar. Möglicherweise handelt es sich um einen stichprobenspezifischen Zufallsbefund.

6.2. SEQUENTIELLE PRÄSENTATION

Dieses Experiment stellt grundsätzlich eine Wiederholung des vorangegangenen Experimentes dar. Soweit als irgend möglich wurden die experimentellen Bedingungen also konstantgehalten, bei Variation des zeitlichen Ablaufs der Stimulation.

6.2.1. Methode

6.2.1.1. Versuchspersonen

Wiederum wurden 32 Normalversuchspersonen untersucht, 16 Frauen und 16 Männer. Sie stammten aus der selben Population und erfüllten die selben Kriterien wie diejenigen

des vorangegangenen Experimentes, es hatte aber keine am vorangegangenen Experiment teilgenommen. Das Durchschnittsalter war 24.78 Jahre ($\underline{SD}$ = 4.86 Jahre), 25.31 Jahre für die Frauen ($\underline{SD}$ = 5.87 Jahre) und 24.25 Jahre für die Männer ($\underline{SD}$ = 3.70 Jahre).

6.2.1.2. Stimuli

Das Stimulusmaterial bestand aus 49 Adjektiven, die zu 40 Adjektivpaaren kombiniert wurden. Fünfzehn Paare waren identisch wie im Experiment mit simultaner Darbietung. Fünfundzwanzig Adjektive kamen zweimal, drei Adjektive dreimal vor. Vierzig Adjektive bestanden aus vier, neun Adjektive (die total elfmal vorkamen) aus fünf Buchstaben.

Mit sequentieller Präsentation waren zwei bilaterale Bedingungen zu berücksichtigen. Jeder Versuchsperson wurden zehn Wortpaare bilateral gezeigt mit dem ersten Wort im linken Gesichtsfeld (Bedingung EVF-BH-L), zehn bilaterale Wortpaare mit dem ersten Wort im rechten Gesichtsfeld (EVF-BH-R), zehn unilaterale Wortpaare im linken Gesichtsfeld (LVF-RH) und zehn unilaterale Wortpaare im rechten Gesichtsfeld (RVF-LH). In den bilateralen Bedingungen war die Stimulusanzahl in den beiden diagonalen Anordnungen ausbalanciert, ebenso wie die Verteilung der zuerst und an zweiter Stelle gezeigten Wörter auf die oberen und unteren Felder in allen Bedingungen. Die vollständige Liste der verwendeten Adjektivpaare findet sich in Anhang 14.2.2. Die post hoc durchgeführte Analyse der Schwierigkeit der einzelnen Wortpaare zeigt eine gute Konsistenz der Items über die Versuchsbedingungen (siehe Anhang 14.2.2). Die total 40 Stimuli wurden in der Reihenfolge randomisiert und den Versuchspersonen in vier verschiedenen Abfolgen präsentiert, reihum beginnend mit dem ersten, 11., 21. und 31. Item dieser Zufallsreihenfolge. Sechzehn der Adjektivpaare

waren gegenteilig, 16 verwandt/ähnlich und acht hatten keine semantische Beziehung zueinander. Alle weiteren Spezifikationen betreffend Aufgabenstellung und Ausbalancierung der Items sind identisch mit denjenigen des Experimentes mit simultaner Präsentation.

6.2.1.3. Durchführung

Es gelten genau die selben Angaben wie beim Experiment mit simultaner Präsentation, mit der einzigen Ausnahme, dass die beiden Adjektive eben nicht simultan für 160 ms, sondern sequentiell für je 80 ms gezeigt wurden, unmittelbar aufeinanderfolgend, ohne Interstimulus-Intervall. Stimulus onsets asynchrony war also 80 ms.

6.2.2. Resultate

Vorerst wurden die Skores der vier experimentellen Gesichtsfeldbedingungen EVF-BH-L, EVF-BH-R, LVF-RH und RVF-LH einer einfaktoriellen Varianzanalyse für abhängige Stichproben unterzogen (siehe Tabelle 6). Es resultierte ein signifikanter Haupteffekt ($F_{3,43} = 18.98$, $p < .0001$). Die a-posteriori-Vergleiche (nach Newman-Keuls, in Winer, 1971) erbrachten signifikante Unterschiede zwischen der Bedingung EVF-BH-L gegenüber den Bedingungen EVF-BH-R ($p < .05$), LVF-RH ($p < .01$) und RVF-LH ($p < .01$), sowie zwischen den Bedingungen EVF-BH-R und LVF-RH ($p < .05$), als auch zwischen den Bedingungen LVF-RH und RVF-LH ($p < .01$). Der noch übrige Paarvergleich, zwischen den Bedingungen EVF-BH-R und RVF-LH, war nicht signifikant ($p > .05$).

	EVF-BH-L	EVF-BH-R	LVF-RH	RVF-LH
Mean	3.84	4.81	2.88	5.47
SD	2.08	1.97	2.18	2.33

Tabelle 6 Sequentielle Darbietung: Mittelwerte und Standardabweichungen der richtigen Antworten in Abhängigkeit der Gesichtsfeldbedingung. Theoretisches Maximum pro Zelle = 10.00. N = 32.

Die Berücksichtigung des Faktors Geschlecht in einer weiteren Varianzanalyse erbrachte keine zusätzlich signifikanten Resultate. Es blieb natürlich der Haupteffekt für den Faktor Gesichtsfeldbedingung ($F_{3,90} = 19.23$, $p < .0001$), aber der Haupteffekt für den Faktor Geschlecht ($F_{1,30} < 1.00$) sowie die Wechselwirkung zwischen den beiden Faktoren ($F_{3,90} = 1.41$, $p = .25$) waren nicht signifikant. Siehe hierzu Tabelle 14.1.2 des Anhangs.

Schliesslich wurden die Resultate beider Experimente miteinander verglichen. Hierfür war es notwendig, die Daten des Experimentes mit sequentieller Präsentation zu modifizieren: Vorerst wurden die beiden bilateralen Bedingungen EVF-BH-L und EVF-BH-R zu einer einzigen bilateralen Bedingung zusammengefasst (Mittelwert für jede Versuchsperson) und dann in allen drei Bedingungen die Skores halbiert, um sie auf die Basis von fünf Expositionen pro Bedingung zu bringen. Mit diesen Daten wurde eine zweifaktorielle Varianzanalyse für abhängige Stichproben gerechnet, mit Gesichtsfeldbedingung (EVF-BH, LVF-RH, RVF-LH) als wiederholtem und zeitlichem Präsentationsmodus (simultan vs. sequentiell) als zusätzlichem unabhängigem Faktor (siehe Tabelle 7). Für den Faktor Gesichtsfeldbedingung wurde ein signifikanter Haupteffekt gefunden ($F_{2,124} = 29.85$, $p < .0001$), nicht aber für den Faktor zeitlicher Präsentationsmodus ($F_{1,62} < 1.00$). Die Wechselwirkung der Gesichtsfeldbedingung mit dem zeitlichen Präsentationsmodus war wiederum signifikant ($F_{2,124} = 20.06$, $p < .0001$). Die paar-

weisen a-posteriori-Vergleiche nach Newman-Keuls zeigten signifikante Unterschiede zwischen allen drei Bedingungen mit sequentieller Präsentation (alle drei $p < .01$), zwischen den simultanen und sequentiellen EVF-BH-Bedingungen ($p < .01$) und zwischen den simultanen und sequentiellen RVF-LH-Bedingungen ($p < .01$), nicht aber zwischen den simultanen und sequentiellen LVF-RH-Bedingungen ($p > .05$). Die Vergleiche zwischen den simultanen Bedingungen erbrachten die selben Resultate wie schon in Kapitel 6.1.2 erwähnt: signifikant bessere Leistung in der Bedingung EVF-BH gegenüber den Bedingungen LVF-RH ($p < .01$) und RVF-LH ($p < .01$), aber kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden letztgenannten, unilateralen Bedingungen ($p > .05$).

Gruppe	N		EVF-BH	LVF-RH	RVF-LH
simultan	32	Mean	3.03	1.69	1.88
		SD	1.02	0.86	1.16
sequentiell	32	Mean	2.16	1.44	2.73
		SD	0.89	1.09	1.16
total	64	Mean	2.60	1.56	2.30
		SD	1.04	0.98	1.23

Tabelle 7 Mittelwerte und Standardabweichungen der richtigen Antworten in Abhängigkeit von Gesichtsfeldbedingung und zeitlichem Präsentationsmodus. Theoretisches Maximum pro Zelle = 5.00.

Um die Beziehungen zwischen der simultanen EVF-BH-Bedingung einerseits und den beiden sequentiellen Bedingungen EVF-BH-L und EVF-BH-R andererseits noch näher auszudifferenzieren, wurden zwei t-Tests für unabhängige Stichproben durchgeführt (für die sequentiellen Bedingungen natürlich mit korrigierten Werten, die auf fünf Expositionen basierten, $M = 1.92$ für EVF-BH-L und $M = 2.41$ für EVF-BH-R). Der Vergleich der simultanen bilateralen Bedingung EVF-BH mit der sequentiellen bilateralen Bedingung

EVF-BH-L zeigte einen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppen ($t_{1,2} = 4.32$, $p < .001$), ebenso der Vergleich zwischen der simultanen bilateralen Bedingung EVF-BH mit der sequentiellen bilateralen Bedingung EVF-BH-R ($t_{1,2} = 2.50$, $p < .05$). In beiden Vergleichen war die Leistung in der simultanen Bedingung besser als in der sequentiellen.

6.3. DISKUSSION

Im Experiment mit simultaner Darbietung der beiden Adjektive war die Leistung in der bilateralen Bedingung signifikant besser als in den beiden unilateralen Bedingungen. Bei sequentieller Darbietung änderte sich nun die Konfiguration der Resultate. Die beste Leistung wurde in der Bedingung RVF-LH erzielt, also wenn nur die LH stimuliert wurde. Überraschenderweise zeigte sich kein signifikanter Unterschied zwischen dieser Bedingung und der bilateralen Bedingung, wenn die LH zuerst stimuliert wurde (Bedingung EVF-BH-R). Hingegen kontrastierte diese letztgenannte bilaterale Bedingung signifikant mit der anderen bilateralen Bedingung, in der die RH zuerst stimuliert wurde (Bedingung EVF-BH-L). Die signifikant bessere Leistung bei einer Darbietung von rechts nach links als von links nach rechts widerspricht einem messbaren Einfluss von Lesegewohnheiten. Ohne Beteiligung der LH bei der Wahrnehmung, also bei rein rechtshemisphärischer Stimulation, wurden die signifikant schlechtesten Leistungen beobachtet (Bedingung LVF-RH).

Die genau gleiche Konfiguration von Resultaten bei sequentieller Präsentation erzielten Fogliani et al. (1985) mit Schizophrenen, nicht aber mit Normalversuchspersonen, bei einer Aufgabe, in der Buchstaben wiedererkannt werden sollten (siehe Kapitel 3.3.2). Bei Schizophrenen

berichteten sie von einem signifikanten Haupteffekt für den einzig untersuchten Faktor Gesichtsfeldbedingung, ohne diesen Haupteffekt aber mittels Paarvergleichen zu spezifizieren. Demzufolge war auch ihre Interpretation sehr allgemein. Weil bei den Normalversuchspersonen der Haupteffekt nicht signifikant war, interpretierten sie den signifikanten Haupteffekt bei den Schizophrenen als Hinweis auf eine ausgeprägtere Asymmetrie und auf eine interhemisphärische Funktionsstörung.

Im grossen und ganzen analoge Resultate wurden von Beaumont und Dimond (1975) berichtet (siehe Kapitel 3.3.2). Ihre Versuchspersonen sollten sequentiell gezeigte, geometrische Formen vergleichen. Sie erzielten - materialbedingt spiegelbildlich zu unseren Resultaten - die beste Leistung in der Bedingung LVF-RH und die schlechteste Leistung in der Bedingung RVF-LH. Die beiden bilateralen Bedingungen mit "mittlerer" Leistung waren aber statistisch nicht voneinander zu unterscheiden. So war denn auch die Interpretation der Autoren auf Hemisphärenasymmetrie konzentriert und ohne Bezug auf interhemisphärische Integration.

Hatta (1976) verwendete nur bilaterale sequentielle Bedingungen und demonstrierte mit einem Vergleich japanischer Buchstaben ebenfalls eine Überlegenheit der Bedingung, in der die LH zuerst stimuliert wurde. Seine Interpretation haben wir schon in Kapitel 3.3.2 zusammengefasst. Sie scheint bezüglich unserer Fragestellung kaum relevant.

Es wäre wohl eine Unterlassungssünde, den Faktor Geschlecht nicht zu erwähnen. Es genügt aber der Hinweis, dass im Experiment mit sequentieller Präsentation das Geschlecht der Versuchspersonen die Resultate in keiner Weise beeinflusste, weder als Haupteffekt noch in Wechselwirkung.

In der gesamthaften Analyse der Daten beider Experimente zeigte sich ein signifikanter Haupteffekt für den Faktor Gesichtsfeldbedingung. Die unverändert schlechte Leistung in der Bedingung LVF-RH scheint hauptsächlich dafür verantwortlich zu sein. Der nicht signifikante Haupteffekt für den Faktor zeitlicher Präsentationsmodus bestätigt einerseits, dass die Versuchspersonen beider Experimente derselben Population angehörten und zeigt andererseits an, dass der Präsentationsmodus, ob simultan oder sequentiell, keinen einheitlichen Effekt auf die Leistung in den verschiedenen Gesichtsfeldbedingungen bewirkte. Hingegen signalisiert die signifikante Wechselwirkung einen interaktiven Effekt zwischen den beiden Faktoren. Dem soll genauer nachgegangen werden.

6.3.1. Intrahemisphärische Interferenz

Die sequentielle Präsentation der Stimuli erwies sich nur in der unilateralen Bedingung RVF-LH als vorteilhaft gegenüber simultaner Präsentation. Während die LH ihre Leistung mit sequentieller Präsentation signifikant verbessern konnte, blieb die Leistung der RH (Bedingung LVF-RH) auf dem selben ärmlichen Niveau wie bei simultaner Präsentation. Man könnte dieses Resultat als Auswirkung eines Priming-Effektes betrachten (siehe Cohen, 1982, 105-107, für detailliertere Informationen), als Auswirkung einer (leistungsverbessernden) vorbereitenden Aktivierung, für die aber nur die LH empfänglich wäre. Von entsprechenden Resultaten berichteten Hines, Sawyer, Dura, Gilchrist und Czerwinski (1984). Sie wiesen einen semantischen Priming-Effekt nach, wenn sowohl das erste, "primende" Bild eines alltäglichen Objektes als auch das folgende zu erkennende Bild direkt der LH projiziert wurden, nicht aber, wenn beide Bilder der RH dargeboten wurden. Allerdings beschränkte sich dieser Priming-Effekt auf

Elemente derselben semantischen Kategorie. Und Zaidel (1982, zitiert in Sergent, 1983b, 487) berichtete genau vom Gegenteil, von einem semantischen Priming mit Wörtern, aus dem nur die RH, nicht aber die LH Nutzen ziehen konnte.

Die wahrscheinlichere Erklärung für die vorliegenden Resultate ist die, dass die bei simultaner Präsentation bestehende intrahemisphärische Interferenz zwischen den beiden Informationsteilen bei sequentieller Präsentation vermindert wurde. Von der Reduktion dieser Interferenz konnte freilich nur die LH profitieren, weil eben nur sie für das zu verarbeitende Material spezialisiert ist. Mit anderen Worten: Die zugrundeliegende Gesichtsfeld- oder Hemisphärenasymmetrie offenbarte sich nur bei relativ interferenzfreier, eben sequentieller Reizdarbietung. Moscovitch und Klein (1980) belegten sehr eindrücklich in einer Serie von Experimenten die Wirkung solcher Interferenzeffekte. Sie traten immer dann auf, wenn eine Hemisphäre mehrere Elemente gleichartigen (verbalen, bzw. figural-räumlichen) Materials zugleich zu verarbeiten hatte. Auch in den Dual-Task-Experimenten von Hellige und Cox (1976) und Hellige et al. (1979) wurde intrahemisphärische Interferenz nachgewiesen, wenn auch in einem von unserem recht verschiedenartigen experimentellen Design: Sie fanden, zusammengefasst formuliert, immer dann eine Leistungsverminderung, wenn eine Hemisphäre simultan zwei gleichartige (verbale, bzw. figural-räumliche) Aufgaben zu bewältigen hatte.

Schliesslich sei noch gleichsam als Fussnote angemerkt, dass mit den vorliegenden Daten keine Rückschlüsse möglich sind, wo nun genau im kognitiven Verarbeitungsprozess diese intrahemisphärische Interferenz stattfindet, ob in einem frühen Wahrnehmungsstadium oder in einer späteren Integrationsphase.

6.3.2. Internemisphärische Kooperation

In den bilateralen Bedingungen, die interhemisphärische Integration erfordern, erbrachte die zeitliche Sequenzierung der beiden Stimulusteile den umgekehrten Effekt als in der unilateralen Bedingung RVF-LH, nämlich einen Leistungsabfall. In der simultanen bilateralen Bedingung zeigte sich die signifikant bessere Leistung als in jeder der sequentiellen bilateralen Bedingungen. Zusätzlich unterschieden sich auch die beiden sequentiellen bilateralen Bedingungen signifikant voneinander; die Leistung war besser, wenn die LH vor der RH stimuliert wurde als bei umgekehrter Reihenfolge in der Stimulation.

Dieses Ergebnismuster kann nicht einfach als Folge einer Variation in der zeitlichen Staffelung bei der Verarbeitung des Inputs betrachtet werden (wie dies Hartje et al., 1984, in ihrer Hypothese taten), weil die Zeitdifferenzen in der Ankunftszeit im Sprachzentrum der LH nicht den Leistungsunterschieden entsprechen. Wenn wir in beiden Hemisphären die gleiche Verarbeitungsgeschwindigkeit annehmen, dann ist die geringste Zeitdifferenz, nämlich genau die Transmissionszeit zwischen den Hemisphären bei der simultanen bilateralen Bedingung, mit der besten Leistung verbunden. Umgekehrt ist aber die grösste Zeitdifferenz von 80 ms plus Transmissionszeit, in der Bedingung EVF-BH-R, nicht mit der schlechtesten Leistung verbunden.

Die Resultate bei bilateraler Präsentation können offensichtlich auch nicht mit einem Modell paralleler Verarbeitung (siehe Kapitel 3.4.1) erklärt werden, obwohl dies sowohl Davis und Schmit (1971, 1973) als auch Dimond und Beaumont (1971, 1972) mit ihren Daten aus nur simultaner Präsentation getan haben. Parallele Verarbeitung ist in allen drei bilateralen Bedingungen möglich, die Variation in der Leistung muss also anderweitig bedingt sein.

Wir interpretieren die Unterschiede zwischen den drei bilateralen Bedingungen folgendermassen:

Dass die beste Leistung bei simultaner bilateraler Stimulation beobachtet wurde, wird durch die Sichtweise von Friedman und Polson (1981) unterstützt (siehe Kapitel 3.4.3). Sie nehmen an, dass erstens die beiden Hemisphären nie unterschiedlich, sondern immer im gleichen Ausmass aktiviert sind, dass das Aktivierungsniveau in beiden Hemisphären immer gleich ist. Zweitens gehen sie davon aus, dass grundsätzlich beide Hemisphären die allermeisten kognitiven Aufgaben verarbeiten können, wenn auch mit unterschiedlicher Effizienz. Demzufolge erscheint es plausibel, dass bei simultaner bilateraler Stimulation optimale Bedingungen für eine hohe Gesamtleistung gegeben sind, indem einerseits keine intrahemisphärische Interferenz besteht (verglichen mit unilateraler Stimulation) und andererseits die RH ihre maximale Leistung erbringen kann, weil durch die gleichzeitig arbeitende LH ein hohes Aktivierungsniveau gewährleistet ist. Diese Erklärungsweise entspricht auch dem plausibelsten aller von Allen (1983) referierten Modellansätze, dem kooperativen Interaktionsmodell (siehe Kapitel 3.4.1). Wie der Name besagt, postuliert dieses Modell eine kooperative Interaktion zwischen den beiden Hemisphären, durch welche der Output als das Resultat einer integrierten, gemeinsamen Funktion der beiden simultan arbeitenden Hemisphären betrachtet werden kann.

6.3.3. Interhemisphärische Aktivierung

Betrachten wir nun noch die sequentiellen bilateralen Bedingungen, gerät die kritische Rolle der RH noch stärker ins Rampenlicht. Wird die LH zuerst stimuliert (Bedingung EVF-BH-R), arbeitet die RH noch relativ gut mit (was sich übrigens auch im nicht signifikanten Unterschied zwischen dieser Bedingung und der Bedingung RVF-LH zeigt, siehe

Tabelle 6). Allerdings ist die Leistung in dieser sequentiellen bilateralen Bedingung signifikant schlechter als in der simultanen bilateralen Bedingung. Das bedeutet nichts anderes, als dass die RH nun eben nicht mehr von der kooperativen Interaktion mit der LH profitieren kann, weil die Hemisphären ja nicht mehr simultan und in Kooperation an derselben Aufgabe arbeiten. Folglich sinkt die Gesamtleistung signifikant. Aber die RH profitiert nun auf eine andere Art von der LH, nämlich von einer vorangegangenen Aktivierung durch die Aktivität der LH (da immer noch signifikant bessere Leistung in Bedingung EVF-BH-R als in EVF-BH-L). Wir wissen, dass die RH über gewisse sprachliche Kapazitäten verfügt, nicht nur von Friedman und Polson (1981), sondern z.B. auch von Andy und Bhatnagar (1984), Patterson und Besner (1984), Rabinowicz und Moscovitch (1984). Die Projektion des ersten Stimulusteils in die LH bewirkt eine Erhöhung des allgemeinen Aktivierungsniveaus, und beide Hemisphären sind bei der Ankunft des zweiten Stimulusteils in der RH noch immer auf diesem erhöhten Aktivierungsniveau, weil ja die zweite Stimulation unmittelbar beim Ende der ersten Stimulation beginnt. Die RH wird also vorbereitend aktiviert, ihre sprachlichen Kapazitäten sind bereit, verbales Material zu verarbeiten. Die Plausibilität dieser Interpretation wird durch Aussagen von Zaidel und Schweiger (1984, 356) erhöht. Sie nehmen an, dass die Verfügbarkeit des rechtshemisphärischen Sprachsystems von linkshemisphärischen Mechanismen kontrolliert wird. In unserem Fall werden also durch das unmittelbar vorangegangene linkshemisphärisch bedingte Priming die in der RH schlummernden Sprachkapazitäten funktionell.

Wenn die RH zuerst stimuliert wird (Bedingung EVF-BH-L), sinkt die Gesamtleistung nochmals signifikant. Es scheint, dass in dieser Bedingung die Mitarbeit der RH nun wirklich minimal ist. An die vorangegangene Interpreta-

tion anknüpfend, können wir sagen, dass in dieser Bedingung die RH eben weder von einer kooperativen Interaktion mit der LH (wie in der simultanen bilateralen Bedingung) noch von einer Aktivierung durch die LH (wie in Bedingung EVF-BH-R) profitieren kann. Die Sprachkapazitäten der RH werden also nur dann funktionell und messbar, wenn sie mit denjenigen der LH zusammenarbeiten können oder wenn sie vorgangig durch sie aktiviert wurden; ohne jede Hilfe aber werden sie es nicht.

7. EXPERIMENT MIT BILDHAFT- VERBALEM MATERIAL

Im vorangegangenen Experiment wurde als wichtiges Resultat die Überlegenheit der simultanen bilateralen Bedingung über die simultanen unilateralen Bedingungen festgehalten. Das Beurteilen der semantischen Relation zweier Adjektive gelang besser, wenn im Verarbeitungsprozess von Beginn weg beide Hemisphären beteiligt waren, als wenn zumindest initial nur eine Hemisphäre beteiligt war. Vor diesem Hintergrund stellte sich die Frage, inwieweit dieses Ergebnis aufgabenspezifisch war, oder ob sich bei simultaner - und natürlich immer tachistoskopischer - Darbietung auch mit anderem Design eine bestätigende Tendenz in dieser Richtung zeigen liesse. Es schien daher sinnvoll, innerhalb des verbalen Bereiches Material und Aufgabenstellung möglichst stark zu variieren. Dies umso mehr, als die Aufgabenstellungen in den Experimenten zu interhemisphärischer Integration, auf die wir uns beziehen können (siehe Kapitel 3.3.1), nicht das Produkt überschäumender Phantasie sind und dementsprechend nur wenig variieren.

Wir variierten für das hier dargestellte Experiment die Aufgabenstellung in zweifacher Hinsicht. Erstens verwendeten wir gewohnteres verbales Stimulusmaterial, mit einer alltäglicheren Aufgabenstellung. Zweitens stellten wir das verbale Material nicht nur in gedruckten Buchstaben, sondern auch bildhaft dar. Wir wollten damit untersuchen, ob erstens mit veränderter Aufgabenstellung das selbe Ergebnismuster wie im vorangegangenen Experiment zustandekommt und zweitens ob die unterschiedliche "Verpackung" von linguistischen Begriffen - Druckbuchstaben oder Bilder - unterschiedliche Ergebnismuster bewirkt. Damit war die Frage nach dem Einfluss von Lese- oder allgemeinen Wahrnehmungsgewohnheiten weiterhin Untersuchungsge-

genstand. Zudem erhielten wir Informationen darüber, ob sich die Konfiguration der Resultate grundsätzlich änderte, wenn Bilder anstelle von Wörtern projiziert wurden. Aufgrund von Dimond und Beaumont (1972; siehe Kapitel 3.3.1), welche geometrische Muster verwendeten, war das zwar nicht zu erwarten. Da wir aber wissen, dass leicht benennbare Bilder weniger eindeutig zu einer Überlegenheit des rechten Gesichtsfeldes führen als die entsprechenden ausgeschriebenen Wörter (Levine & Banich, 1982), konnte nicht im vornherein mit identischen Resultaten gerechnet werden.

7.1. METHODE

7.1.1. Versuchspersonen

Insgesamt 32 Versuchspersonen wurden untersucht, 16 Frauen und 16 Männer, etwa zur Hälfte Studenten und Berufsleute. Alle waren bezüglich des Experimentes naiv. Das Durchschnittsalter lag bei 28.44 Jahren ($\underline{SD}$ = 7.44 Jahre), die Frauen zählten im Durchschnitt 27.88 Jahre ($\underline{SD}$ = 7.14 Jahre), die Männer 29.00 Jahre ($\underline{SD}$ = 7.93 Jahre). Alle Versuchspersonen waren rechtshändig (Oldfield, 1971) und hatten eine normale oder durch Kontaktlinsen korrigierte Sehschärfe.

7.1.2. Stimuli

Als Stimulusmaterial dienten zwei identische Sets von je 28 zweiteiligen Komposita, die in einem Set als gewöhnlich ausgeschriebene Wörter, im andern Set in Bildern dargestellt waren. Als Wörter waren die Komposita schwarz auf weiss und horizontal in Grossbuchstaben der Orator Schreibmaschinen-Schrift getippt, als Bilder bestanden sie

aus schwarz auf weissen, möglichst prototypischen Strichzeichnungen.

Die ausgeschriebenen Einzelwörter (also jeweils ein Teil der zusammengesetzten Wörter) bestanden mehrheitlich aus vier Buchstaben und waren zwischen 1.5° und 6.1° links und/oder rechts des Fixationspunktes sowie zwischen 0.8° und 2.7° oberhalb und zwischen 0.8° und 2.7° unterhalb der horizontalen Null-Grad-Linie des Fixationspunktes angeordnet. Bestand ein Einzelwort aus fünf Buchstaben (das waren 20 von total 56), war der laterale äussere Rand des Wortes bei 7.2° statt bei 6.1° . Mit diesen Angaben waren vier Felder definiert, in welchen die zwei Einzelwörter präsentiert wurden. Bei den unilateralen Wörtern wurden jeweils die zwei auf der selben Seite des Fixationspunktes liegenden, vertikal angeordneten Felder verwendet, bei den bilateral präsentierten Wörtern die diagonal gegenüberliegenden Felder, also das linke obere mit dem rechten unteren, bzw. das linke untere mit dem rechten oberen. Somit waren in allen Bedingungen die beiden Einzelwörter vertikal verschoben (siehe Abbildung 7).

Für die bildhafte Präsentation der Komposita galten im wesentlichen die selben Spezifikationen. Häufig aber wurde zur Darstellung der Komposita mit Bildern mehr Platz benötigt als mit Buchstaben. Als Richtschnur für die Platzierung galt, dass die Bilder an den inneren Rand der oben definierten Felder herangerückt wurden. Der innere Rand der Bilder lag also bei 1.5° horizontal und 0.8° vertikal, die Einzelbilder ragten höchstens nach aussen über den Rand der oben definierten Felder hinaus (siehe Abbildung 7). Alle 56 Einzelbilder waren eindeutig benennbar, bei Darbietung ohne Zeitlimite war die Interrater-Reliabilität 1.00.

KOCH TOPF	
BUCH KOCH	WELCHES ZUSAMMEN-  GESETZTE WORT?

Abbildung 7 Stimulusbeispiele der Bedingungen EVF-BH-G (oben links), EVF-BH-U (oben rechts) und LVF-RH (unten links). Unten rechts das Antwortdia mit Fixationspunkt.

Jeder Versuchsperson wurden in der ausgeschriebenen Darstellungsweise sieben Komposita bilateral mit dem ersten Einzelwort des Kompositums im linken und dem zweiten Einzelwort des Kompositums im rechten Gesichtsfeld gezeigt, also in vom Lesen her gewohnter Anordnung (Bedingung EVF-BH-G). Sieben Komposita wurden bilateral mit dem zweiten Einzelwort des Kompositums im linken und dem ersten im rechten Gesichtsfeld, also in ungewohnter Anordnung projiziert (Bedingung EVF-BH-U). Innerhalb der EVF-BH-Bedingungen war die Stimulusanzahl in den diagonalen Anordnungen (links oben mit rechts unten und vice versa) möglichst ausbalanciert. Je sieben Komposita wurden unilateral im linken Gesichtsfeld (LVF-RH) und unilateral im rechten Gesichtsfeld (RVF-LH) präsentiert, wobei die Reihenfolge der Einzelwörter von oben nach unten gesehen ungewohnt war, also oben das zweite und unten das erste Einzelwort. Bezüglich Wortlänge waren die vier Bedingungen ausbalanciert.

Bei bildhafter Darbietung wurden je die selben sieben Komposita auf die selben vier Bedingungen aufgeteilt. Es gelten bezüglich Anordnung und Ausbalancierung dieselben Angaben wie bei der ausgeschriebenen Darstellungsart.

Die vollständige Liste der Stimuli mit den dazugehörigen Schwierigkeitsindizes findet sich in Anhang 14.2.3. Alle 56 Stimuli wurden in der Reihenfolge randomisiert und den Versuchspersonen in vier verschiedenen Abfolgen präsentiert, reihum beginnend mit dem ersten, 16., 29. und 44. Item dieser Zufallsreihenfolge. Zwischen den einzelnen Expositionen wurde auf einem Dia die Aufgabenstellung in Erinnerung gerufen und das Fixationskreuz für den folgenden Stimulus gezeigt (siehe Abbildung 7).

7.1.3. Durchführung

Die Versuchspersonen hatten die beiden simultan projizierten Einzelwörter zu einem geläufigen deutschen Kompositum zusammenzusetzen. Die Reihenfolge der Einzelwörter im zweiteiligen Kompositum war immer eindeutig und nie umkehrbar (wie etwa Ringfinger und Fingerring). Die Versuchspersonen wurden anhand einiger Beispiele ohne Zeitlimitierung ausführlich instruiert. Die Augenmesswerte wurden zu Beginn und dann nach jeweils fünf (viermal schon nach vier) Expositionen wieder neu geeicht. Die drei Eichpunkte lagen bei 0.0° (Fixationspunkt), bei 1.5° rechts und 1.5° links des Fixationspunktes. Die Stimuli wurden nur gezeigt, wenn die gemessene Position beider Augen innerhalb von 1.5° links oder rechts des Fixationspunktes lagen.

Den Versuchspersonen wurde zuerst das Antwortdia mit Aufgabenstellung und Fixationspunkt gezeigt. Etwa eine Sekunde nach einer verbalen Warnung durch den Versuchsleiter wurden simultan die beiden Einzelwörter für 140 ms

gezeigt, sofern die gemessenen Augenpositionen zu Beginn der Präsentation innerhalb von 1.5° lagen und die Präsentation nicht durch Augenbewegungen über 1.5° hinaus vorzeitig abgebrochen wurde. Danach folgte ein leeres, weisses Feld für die Dauer von einer Sekunde. Schliesslich wurde wieder das Antwortdia mit Fixationspunkt gezeigt und die Versuchsperson gab mündlich ihre Antwort, welche vom Versuchsleiter notiert wurde. Die Augenpositionen wurden während und bis eine Sekunde nach Stimulusexposition im Abstand von 40 ms abgespeichert, zu späterer separater Analyse (siehe Kapitel 10). Weitere technische Angaben sind den Kapiteln 4 und 5.1.3 zu entnehmen.

7.2. RESULTATE

Die Anzahl richtiger Antworten (Summe der richtig genannten Komposita pro Versuchsperson) wurden einer zweifaktoriellen Varianzanalyse für abhängige Stichproben unterzogen (siehe Tabelle 8), mit den beiden abhängigen Faktoren Gesichtsfeldbedingung (EVF-BH-G, EVF-BH-U, LVF-RH, RVF-LH) und Darstellungsart (ausgeschrieben vs. bildhaft). Es resultierte ein signifikanter Haupteffekt für den Faktor Gesichtsfeldbedingung ($F_{3,93} = 28.44$, $p < .0001$), ein signifikanter Haupteffekt für den Faktor Darstellungsart ($F_{1,31} = 4.29$, $p < .05$), sowie eine signifikante Wechselwirkung zwischen den beiden Faktoren ($F_{3,93} = 4.04$, $p < .01$).

Die orthogonalen, paarweisen a-posteriori-Vergleiche nach Newman-Keuls (in Winer, 1971) ergaben die folgenden signifikanten Unterschiede: Innerhalb der ausgeschriebenen Darstellungsart: EVF-BH-G gegenüber EVF-BH-U, LVF-RH und RVF-LH (alle drei $p < .01$), sowie zwischen EVF-BH-U und LVF-RH ($p < .01$) und zwischen LVF-RH und RVF-LH ($p < .01$).

Innerhalb der bildhaften Darstellungsart: EVF-BH-G gegenüber EVF-BH-U, LVF-RH und RVF-LH (alle drei $p < .01$). Zwischen ausgeschriebener und bildhafter Darstellungsart: zwischen den beiden LVF-RH-Bedingungen ($p < .01$). Alle anderen orthogonalen Vergleiche waren nicht signifikant (alle $p > .05$).

Bedingung		EVF-BH-G	EVF-BH-U	LVF-RH	RVF-LH
ausgeschrieben	Mean	5.28	3.88	2.63	3.63
	SD	1.65	2.00	1.58	1.96
bildhaft	Mean	5.06	4.22	3.75	4.13
	SD	1.46	1.50	1.11	1.64
total	Mean	10.34	8.10	6.38	7.76
	SD	2.56	2.99	2.21	3.06

Tabelle 8 Mittelwerte und Standardabweichungen der richtigen Antworten in Abhängigkeit von Gesichtsfeldbedingung und Darstellungsart. Theoretisches Maximum pro Zelle = 7.00, in der Total-Zeile 14.00. N = 32.

Die varianzanalytische Berücksichtigung von Geschlecht als weiteren unabhängigen Faktor ergab keine zusätzlich signifikanten Effekte. Sowohl der Haupteffekt für den Faktor Geschlecht ($F_{1,30} < 1.00$) als auch die Interaktionen mit Gesichtsfeldbedingung ($F_{3,90} < 1.00$) und Darstellungsart ($F_{1,30} < 1.00$) und die Interaktion zwischen allen drei Faktoren ($F_{3,90} < 1.00$) waren nicht signifikant. Siehe hierzu Tabelle 14.1.3 des Anhangs.

Im weiteren wurden auch die fehlenden oder falschen Antworten der Versuchspersonen genauer betrachtet. In jeder Bedingung und für jede Versuchsperson wurde die Anzahl der ganz oder teilweise falsch beantworteten Stimuli sowie die Anzahl der ganz oder teilweise nicht beantworteten Stimuli aufsummiert. Unberücksichtigt blieben Items, die teilweise falsch plus teilweise nicht beantwortet wurden, sowie Umkehrungen in der Zusammensetzung der Komposita. Über diesen Datensatz wurde eine zweifaktorielle Varianzanalyse

mit den abhängigen Faktoren Gesichtsfeldbedingung (EVF-BH-G, EVF-BH-U, LVF-RH, RVF-LH) und Fehlerart (falsche vs. fehlende Antworten) gerechnet (siehe Tabelle 9). Es resultierte ein signifikanter Haupteffekt für den Faktor Gesichtsfeldbedingung ($F_{3,93} = 23.45$, $p < .0001$), nicht aber für den Faktor Fehlerart ($F_{1,31} < 1.00$). Die Wechselwirkung war signifikant ($F_{3,93} = 5.12$, $p < .01$).

Bedingung		EVF-BH-G	EVF-BH-U	LVF-RH	RVF-LH
falsche Antw.	Mean	1.25	2.75	2.72	3.06
	SD	1.37	1.74	1.47	2.00
fehlende Antw.	Mean	1.94	2.28	3.50	2.38
	SD	1.29	1.53	1.50	2.21
total nicht richtige Antw.	Mean	3.19	5.03	6.22	5.44
	SD	2.01	2.51	1.68	2.68

Tabelle 9 Mittelwerte und Standardabweichungen der nicht richtigen Antworten in Abhängigkeit von Gesichtsfeldbedingung und Fehlerart. N = 32.

Die orthogonalen a-posteriori-Vergleiche nach Newman-Keuls ergaben die folgenden signifikanten Unterschiede: Innerhalb der falschen Antworten: EVF-BH-G gegenüber EVF-BH-U, LVF-RH und RVF-LH (alle drei $p < .01$). Innerhalb der fehlenden Antworten: zwischen EVF-BH-G und LVF-RH ($p < .01$), zwischen EVF-BH-U und LVF-RH ($p < .01$), sowie zwischen LVF-RH und RVF-LH ($p < .05$). Im Vergleich falsche vs. fehlende Antworten: zwischen den beiden EVF-BH-G-Bedingungen ($p < .05$). Alle anderen orthogonalen Paarvergleiche waren nicht signifikant (alle $p > .05$).

7.3. DISKUSSION

Die simultane Darbietung von Kompositumteilen ergab nur insofern das selbe Resultat wie die simultane Darbie-

tung von Adjektiven, als dass in beiden Experimenten in den bilateralen Bedingungen, in welchen interhemisphärische Integration erforderlich war, die besseren Leistungen gemessen wurden als in den unilateralen Bedingungen. Die Unterschiede waren im vorliegenden Experiment aber nicht immer signifikant.

Der Einfluss des Faktors Geschlecht erwies sich als nicht signifikant. Deshalb verzichten wir auf eine diesbezügliche Diskussion.

7.3.1. Verwischung von Konturen durch ungewohnte Anordnung

Betrachten wir bezüglich der Gesichtsfeldbedingungen zunächst die Analyse der richtigen Antworten und hiervon die ausgeschriebene Darstellungsart. Mit bilateraler Darbietung waren die Leistungen nur bei gewohnter Anordnung (links erster, rechts zweiter Teil des Kompositums; EVF-BH-G) signifikant besser als in den unilateralen Bedingungen LVF-RH und RVF-LH. Nur mit Berücksichtigung der bilateralen Bedingung EVF-BH-G ergab sich also ein Resultat, das in identischer Weise wie in Kapitel 6 als signifikanter Hinweis auf eine kooperative Interaktion der Hemisphären interpretiert werden könnte. Bei bilateraler Stimulation in ungewohnter Anordnung (links zweiter, rechts erster Teil des Kompositums; EVF-BH-U) waren die Leistungen zwar auch besser als in jeder der unilateralen Bedingungen, aber nur gegenüber der Bedingung LVF-RH signifikant. Betrachten wir nur die Bedingung EVF-BH-U als vergleichbar mit den unilateralen Bedingungen, so ähneln die vorliegenden Resultate denjenigen von Liederman et al. (1985), indem eben die bilaterale Bedingung nur noch die etwa gleich guten Resultate erbrachte wie die bessere der unilateralen Bedingungen, nämlich RVF-LH. Es scheint aber fraglich, ob die Bedingung EVF-BH-U so problemlos mit den unilateralen Bedingungen

vergleichbar ist. Bei bilateraler Stimulation durfte sich die ungewohnte Anordnung (von rechts nach links) stärker ausgewirkt haben als bei unilateraler Darbietung (von unten nach oben). Und zwar deshalb, weil Lesegewohnheit vor allem eine horizontale Bewegungsrichtung beinhaltet, die ungewohnte Anordnung also nur bei bilateraler Darbietung der Lesegewohnheit konträr entgegenläuft, geometrisch gesehen um 180° , nicht aber bei unilateraler Darbietung (dort nur um 90°).

In der ausgeschriebenen Darstellungsart unterschieden sich die beiden unilateralen Bedingungen LVF-RH und RVF-LH signifikant voneinander, es wurde also eine der Hemispharenspezialisierung entsprechende Gesichtsfeldasymmetrie erzielt. Ein flooring effect, wie bei der simultanen unilateralen Darbietung von Adjektivpaaren, war nicht mehr festzustellen, der Schwierigkeitsgrad der vorliegenden Aufgabe war allgemein geringer. Bei simultaner unilateraler Darbietung von zu integrierenden Stimulusteilen tritt also nicht gezwungenermaßen eine messbare intrahemisphärische Interferenz auf (siehe Kapitel 6.3.1); ob Gesichtsfeldasymmetrien resultieren oder nicht, scheint weitgehend vom Schwierigkeitsgrad solcher Aufgabenstellungen abzuhängen.

7.3.2. Verwischung von Konturen durch bildhafte Darstellungsart

Bei der bildhaften Darstellungsart zeigte sich genau die selbe Konfiguration wie bei der ausgeschriebenen Darstellungsart. Die vier Bedingungen ordneten sich von der besten bis zur schlechtesten Leistung in die selbe Reihenfolge: EVF-BH-G, EVF-BH-U, RVF-LH, LVF-RH. Das spricht vorerst einmal für die gesamthaft gute Prototypikalität der verwendeten Bilder. Es traten keine unerklärlichen Veränderungen auf. Und obwohl Potter und Faulconer (1975) und

Warren und Morton (1982) glaubten, für Wörter und konkrete Bilder verschiedene Verarbeitungsprozesse lokalisiert zu haben, änderte sich die allgemeine Konfiguration der Resultate nicht. Eine wesentliche Veränderung besteht aber darin, dass bei bildhafter Darstellung zwar wie bei ausgeschriebener Darstellungsart die Leistungen der Bedingung EVF-BH-G signifikant besser waren als die Leistungen aller anderen Bedingungen, sonst aber keine signifikanten Unterschiede mehr feststellbar sind. Es entstand also ein verschwommenes Ergebnismuster, in welchem die Unterschiede zwischen den einzelnen Bedingungen teilweise verschwanden. Das spricht eher dafür, dass Bilder von konkreten Gegenständen von beiden Hemisphären etwa gleich gut verarbeitet werden (Young & Bion, 1981; Levine & Banich, 1982, 1984), als dass sie fast genau wie verbales Material verarbeitet werden (McKeever & Jackson, 1979; Young, Bion & Ellis, 1980; Young & Bion, 1981; Young & Ellis, 1983).

Insgesamt wurden die bildhaft dargestellten Komposita besser erkannt als die ausgeschriebenen (Haupteffekt für den Faktor Darstellungsart). Das lässt nur gerade den Schluss zu, dass die optische Qualität der Bilder offenbar gut war.

7.3.3. Minimaler Einfluss von Lesegewohnheit?

Die paarweisen Leistungsvergleiche innerhalb der selben Gesichtsfeldbedingungen bei ausgeschriebener und bildhafter Darstellungsart ergaben nur bei der Bedingung LVF-RH einen signifikanten Unterschied. Die bildhafte Darstellung erwies sich nur bei rein rechtshemisphärischer Stimulation als signifikant leistungsverbessernd. Die bei bildhafter Darstellung nicht mehr signifikant nachweisbare Asymmetrie zwischen linkem und rechtem Gesichtsfeld kam also durch die signifikante Leistungsverbesserung in der Bedingung LVF-RH

durch bildhafte Darstellung zustande. Das ist ein weiterer Hinweis darauf, dass die bildhafte Darstellungsart einer rechtshemisphärischen Verarbeitungsweise besser entspricht als die ausgeschriebene.

Wenn auch die signifikante Wechselwirkung zwischen den beiden Faktoren zur Hauptsache durch diesen Effekt bedingt sein durfte, soll dennoch das andere in den Resultaten sichtbare typische Wechselwirkungs-Muster nicht unerwähnt bleiben. Wir beziehen uns auf die vier bilateralen EVF-BH-Bedingungen: Die gewohnte (-G) gegenüber der ungewohnten (-U) Anordnung erwies sich bei der ausgeschriebenen Darstellungsart als besonders vorteilhaft. Nur in der Bedingung EVF-BH-G waren die Leistungen bei ausgeschriebener Darstellung besser als bei bildhafter. Diese minimale Wechselwirkung stellte sich anhand von a-posteriori-Vergleichen als nicht signifikant heraus. Sie konnte aber bedeuten, dass die Gewohnheit des Lesens von Wörtern einen zusätzlichen minimalen Effekt bewirkt hat, zusätzlich zum deutlichen, Wörter wie Bilder gleichermaßen betreffenden Effekt, wonach die gewohnte Anordnung der Einzelbegriffe die besseren Leistungen hervorrief als die ungewohnte Anordnung.

7.3.4. Spekulation: nur bedingte interhemisphärische Kooperation

Die gewohnte Anordnung erbrachte also wie soeben erwähnt die signifikant besseren Leistungen als die ungewohnte Anordnung. Es ist naheliegend, dieses Resultat als Auswirkung von Lese- oder wohl eher allgemeiner Wahrnehmungsgewohnheiten zu betrachten. Zwar haben wir in früheren Kapiteln (2.3.2.1 und 6) einen solchen Einfluss eher verneint. Das Zusammenfügen von Kompositumteilen ist aber linguistisch gesehen eine ganz andere Aufgabenstellung

als das Benennen von Buchstaben und Wörtern oder das Beurteilen semantischer Relationen. Es ist sehr wohl möglich, dass sich Wahrnehmungsgewohnheiten nur bei semantisch im vornherein in Relation stehenden Stimulusteilen entscheidend auswirken, dass also eine Wechselwirkung zwischen Wahrnehmungsgewohnheit und linguistischen Kriterien bezüglich Aufgabenstellung besteht.

Die alternative, nur auf zerebralen Mechanismen beruhende Interpretation führt zu etwas abenteuerlichen Spekulationen. Weil bei gewohnter Anordnung der Einzelwörter in den Gesichtsfeldern die Ankunfts-Reihenfolge im Sprachzentrum gerade umgekehrt – eben ungewohnt – ist, fällt auch eine auf rein zeitlichen zerebralen Abläufen beruhende Interpretation dahin.

Die einzig mögliche "zerebrale" Interpretation müsste die folgende Gegebenheit berücksichtigen: In einer neueren Untersuchung mit Aphasikern stellte Schönle (1986) fest, dass beim Benennen von Bildern, die ein Kompositum darstellten, besser vom ersten auf das zweite als vom zweiten auf das erste Einzelwort geschlossen werden konnte. Beim Auftreten von Schwierigkeiten war es also wichtig, vor allem den ersten Teil des Kompositums zu wissen, um doch noch das richtige Kompositum nennen zu können. Wenn wir dieses Resultat (obwohl von Patienten stammend!) auf unsere beiden bilateralen Bedingungen übertragen, ergeben sich die folgenden Überlegungen:

Die Sichtweise, welche die Rolle der RH betont, scheint in eine Sackgasse zu führen. (Wenn der RH das wichtigere Einzelwort projiziert wird, ist die Leistung besser, als wenn ihr das weniger wichtige Einzelwort projiziert wird.) Die umgekehrte Sichtweise verspricht erspriesslicher zu sein: Wird der für diese Aufgabe dominanten LH das weniger wichtige Einzelwort projiziert, ist die Leistung besser, als wenn ihr das wichtigere projiziert wird. Daraus lässt

sich - etwas personifizierend - folgendes weiter ableiten: Die LH ist nur dann zu einer leistungsverbessernden Kooperation mit der RH bereit, wenn sie sich in einer relativ schlechten Situation befindet, also wenn sie nur über das weniger wichtige Einzelwort verfügt. Sie muss - und kann - sich auf die Zusammenarbeit mit der RH verlassen. Wenn sie aber umgekehrt das wichtigere Einzelwort verarbeitet, hat sie weniger Veranlassung, auch noch die Informationen aus der RH zu berücksichtigen, da sie ja leicht selbst zum ersten Einzelwort etwas assoziieren kann. Allenfalls berücksichtigt sie fälschlicherweise auch unzulängliche Informationen aus der RH, z.B. den Anfangsbuchstaben des zweiten Einzelwortes oder die groben Konturen des zweiten Bildes. Im Besitz des wichtigeren Informations-teiles wird die LH also zu einer potentiell fehlerhaften Aktivität verführt. Das lenkt nun unser Augenmerk auf die Analyse der nicht richtigen Antworten.

Die Haupteffekte in der Analyse der falschen und fehlenden Antworten scheinen trivial: Der Haupteffekt für den Faktor Gesichtsfeldbedingung widerspiegelt den selben Haupteffekt in der Analyse der richtig genannten Komposita, nur mit umgekehrten Vorzeichen. (Das ist keine zwingende Folge, weil nicht alle Fehlerarten berücksichtigt wurden.) Der nicht signifikante Haupteffekt für den Faktor Fehlerart besagt, dass insgesamt etwa gleich viele falsche wie fehlende Antworten registriert wurden. Die paarweisen Vergleiche über die verschiedenen Gesichtsfeldbedingungen ergaben keine neuen Aspekte und werden dementsprechend nicht näher diskutiert. Bezüglich der signifikanten Wechselwirkung fällt hingegen auf, dass bei bilateraler Darbietung bei ungewohnter Anordnung signifikant mehr falsche Antworten registriert wurden als bei gewohnter Anordnung; der Unterschied bei den fehlenden Antworten war zwischen diesen beiden Bedingungen nicht signifikant. Bei gewohnter Anordnung wurden zudem signifikant mehr fehlende Antworten

als falsche Antworten beobachtet, bei ungewohnter Anordnung gerade umgekehrt mehr falsche als fehlende Antworten, allerdings nicht signifikant. Das parallele Muster findet sich bei den unilateralen Bedingungen: Bei rechtshemisphärischer Stimulation sind mehr fehlende als falsche, bei linkshemisphärischer Stimulation mehr falsche als fehlende Antworten festzustellen, die gemessenen Unterschiede sind aber nicht signifikant.

Diese Resultate stehen in bemerkenswertem Einklang zu den Spekulationen, die schon anhand der Analyse der richtigen Antworten begonnen wurden: Aus den unilateralen Bedingungen wird klar, dass das Fehlerverhalten der LH eher eine aktiv falsche Antwort, das Fehlerverhalten der RH eher ein passives Schweigen war. Das typisch rechtshemisphärische Fehlerverhalten findet sich bei bilateraler Darbietung in gewohnter Anordnung wieder, also wenn die RH den ersten, wichtigeren Teil des Kompositums zur Verfügung hatte. Es ist für diese Bedingung charakteristisch, dass dann besonders wenig falsche Antworten gegeben wurden (nämlich signifikant weniger als in allen anderen Bedingungen und signifikant weniger falsche als fehlende Antworten in dieser Bedingung). Zugleich aber war die Gesamtleistung in dieser Bedingung besonders gut. Es bestehen also Hinweise auf eine wesentliche Beteiligung der RH: Die RH hatte den wichtigeren Einzelbegriff zur Verfügung und das Fehlermuster entspricht einem eher rechtshemisphärischen Verhalten. Das Resultat ist die signifikant beste Leistung gegenüber allen anderen Bedingungen.

Umgekehrt, bei bilateraler Darbietung in ungewohnter Anordnung, wenn die LH über den wichtigeren Einzelbegriff verfügte, zeigte das Gesamtsystem ein eher linkshemisphärisches Fehlerverhalten: lieber eine falsche Antwort als gar keine. Es bestehen keine Hinweise auf eine wesentliche Mitarbeit der RH, die LH scheint recht autonom zu agieren. Das Resultat ist eine signifikant schlechtere

Leistung als in der anderen bilateralen Bedingung, eine Leistung, die sich auf dem selben Niveau bewegt, als wäre die LH allein stimuliert worden.

Gesamthaft gesehen wurden diese Spekulationen bedeuten, dass es innerhalb des verbalen Bereiches stimulus-abhängig ist, ob die beiden Hemisphären kooperativ miteinander interagieren. Es scheint so, als käme eine leistungssteigernde kooperative Interaktion nur dann zustande, wenn die Informationen der RH wichtig genug sind, um in einem im wesentlichen von der LH gesteuerten Verarbeitungsprozess auch mitberücksichtigt zu werden. Wird der unwichtigere Teil der Informationen durch die RH verarbeitet, gerät sie in Gefahr, ignoriert zu werden.

Wir wollen aber nun aus den Wolken zurück und wieder mit beiden Beinen auf den Boden zu stehen kommen: Erstens muss wiederholt werden, dass diese spekulativen Luftsprünge nur eine alternative Erklärung darstellen; es scheint wahrscheinlicher, dass allgemeine Wahrnehmungsgewohnheiten den Leistungsunterschied zwischen den beiden bilateralen Bedingungen determinierten. Zweitens gründen diese Überlegungen auf teilweise nicht signifikanten Resultaten. Drittens ist anzumerken, dass beim Beurteilen semantischer Relationen (Kapitel 6), wo beide Hemisphären über gleich viel, gleich wichtige Information verfügten, keinerlei Hinweise auf eine "Verweigerung der Kooperation" durch die LH herausgefiltert werden konnten.

8. EXPERIMENTE MIT FIGURAL- RÄUMLICHEM MATERIAL

In der Literatur finden sich zur interhemisphärischen Integration weit mehr Experimente mit verbalem als mit figural-räumlichem Material (siehe Kapitel 3.3). Bei simultaner Darbietung der Stimulusteile verwendeten nur gerade Dimond und Beaumont (1972) figural-räumliches Material, nämlich Halbkreisfiguren, weche aus sechs einfachen geometrischen Zeichnungen und Mustern bestanden. Bezüglich der Bezeichnung "figural-räumlich" ist aber eine kritische Anmerkung fällig. In Kapitel 2.3.1 wiesen wir darauf hin, dass figural-räumliches Material offensichtlich häufig verbalisiert wird und es schwierig ist, eine stabile LVF-Überlegenheit zu erzielen. Ein anschauliches Beispiel stellen die Komposita dar (siehe Kapitel 7), die trotz bildhafter Darstellungsart eben nicht einfach als figural-räumliches Material betrachtet werden können.

Auch die Stimuli von Dimond und Beaumont (1972) sind gut verbalisierbar, oder allgemeiner gesagt, sind einer linkshemisphärischen, analytischen Arbeitsweise recht gut zugänglich. Diese Aussage wird noch durch die Tatsache unterstrichen, dass bei Dimond und Beaumont (1972) aus den unilateralen Bedingungen keine Gesichtsfeldasymmetrie hervorging, die Leistungen in linkem (LVF) und rechtem Gesichtsfeld (RVF) unterschieden sich nicht signifikant voneinander. Hingegen erzielten sie, zumindest in ihrem zweiten Experiment, eine signifikante Überlegenheit der bilateralen Bedingung gegenüber den beiden unilateralen Bedingungen, also das selbe Ergebnismuster wie wir es bei der Beurteilung der semantischen Relation zweier Adjektive erhielten (siehe Kapitel 6.1).

Es fehlt also in der Literatur zur interhemisphärischen Integration ein klares paralleles Beispiel zu

den Experimenten mit verbalem Material, nämlich ein Experiment mit figural-räumlichem Material, für welches im vornherein eine verbalisierende Strategie oder eine analytische Vorgehensweise als undenkbar oder wenigstens nicht hilfreich erscheinen muss. Die in diesem Kapitel referierten Experimente sollen einen Beitrag zur Schliessung dieser Lücke darstellen, indem wir mit möglichst schlecht verbalisierbarem figural-räumlichem Material nun interhemisphärische Integration gewissermassen unter rechtshemisphärischer Dominanz betrachten wollen. Die Stimulusteile wurden dabei immer simultan dargeboten, weil uns in erster Linie interessierte, ob auch mit diesem figural-räumlichen Material so etwas wie eine kooperative Interaktion zwischen den Hemisphären (siehe Kapitel 3.4.1 und 6.3.2) nachzuweisen sei.

8.1. METHODE

8.1.1. Versuchspersonen

Es wurden 32 Normalversuchspersonen untersucht, 16 Frauen und 16 Männer, hauptsächlich Studenten oder Versuchspersonen mit akademischer Ausbildung. Alle waren naiv bezüglich Untersuchungsmethode und Untersuchungszweck. Das Durchschnittsalter war 27.00 Jahre ($SD = 5.03$ Jahre), 27.19 Jahre für die Frauen ($SD = 5.47$ Jahre) und 26.81 Jahre für die Männer ($SD = 4.72$ Jahre). Alle Versuchspersonen waren gemäss Edinburgh Händigkeitinventar (Oldfield, 1971) rechtshändig und hatten eine normale oder durch Kontaktlinsen korrigierte Sehschärfe.

8.1.2. Stimuli

Die Stimuli bestanden aus Paaren von amorphen, schwarzen Flächen ("Klecksen") auf weissem Hintergrund (Abbildung 8). Das Grössenverhältnis der beiden Flächen war immer etwa 2:1. Sie wurden simultan innerhalb von vordefinierten quadratischen Feldern gezeigt; diese total vier Felder hatten je eine Seitenlänge von 3.0° und lagen zwischen 4.0° und 7.0° links sowie rechts des Fixationspunktes und zwischen 0.0° und 3.0° oberhalb wie auch unterhalb der horizontalen Null-Grad-Linie des Fixationspunktes. (Die Feldabgrenzungen waren natürlich nicht sichtbar.) Die amorphen Flächen massen im Durchmesser zwischen 0.5° und 3.0° . Sie waren in der Mitte der vordefinierten Felder angeordnet. Bei den unilateralen Flächenpaaren wurden die auf der selben Seite des Fixationspunktes vertikal übereinanderliegenden Felder benutzt, ohne dass die zwei Flächen unmittelbar aneinander grenzten. Für die bilateralen Flächenpaare wurde das linke obere mit dem rechten unteren und das linke untere mit dem rechten oberen Feld verwendet. Damit waren in allen Bedingungen die zwei Stimulusteile vertikal verschoben. Die Verteilung der grösseren und kleineren Flächen der Stimuluspaare war über alle Bedingungen ausbalanciert. Jeder Versuchsperson wurden zehn bilaterale Flächenpaare gezeigt, je ein Klecks pro Gesichtsfeld (links und rechts) bzw. Hemisphäre (Bedingung EVF-BH). Innerhalb der EVF-BH-Bedingung war die Stimulusanzahl in den beiden diagonalen Anordnungen (links oben mit rechts unten und vice versa) ausbalanciert. Fünf unilaterale Flächenpaare wurden im linken Gesichtsfeld, also der rechten Hemisphäre präsentiert (LVF-RH) und fünf unilaterale Flächenpaare im rechten Gesichtsfeld, also der linken Hemisphäre (RVF-LH). Die Stimuli wurden allen Versuchspersonen in der selben randomisierten Reihenfolge gezeigt.

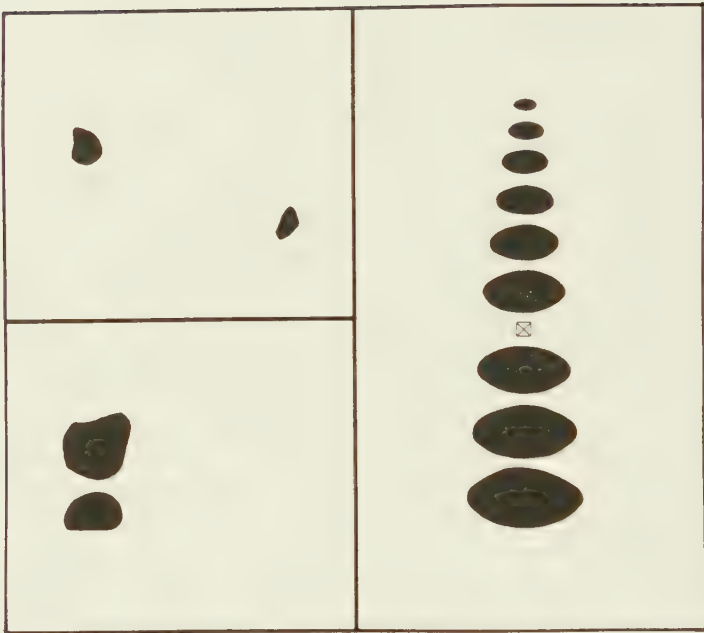


Abbildung 8 Beispiel eines Stimuluspaares der Bedingung EVF-BH (links oben) und der Bedingung LVF-RH (links unten), rechts die Multiple-Choice-Tafel mit Fixationspunkt. Die Fläche des EVF-BH-Items entspricht dem vierten Ellipsoid von oben, die Fläche des LVF-RH-Items dem grössten Ellipsoid.

Die Versuchspersonen sollten die Oberfläche der beiden projizierten Kleckse addieren und dann von neun verschiedenen grossen, ellipsoiden Flächen diejenige heraussuchen, die der Gesamtfläche der beiden Kleckse entsprach. In Abbildung 8 ist die für alle Stimuli verwendete Multiple-Choice-Tafel mit den neun Antwortmöglichkeiten wiedergegeben. Nach Hines (1984) empfahl sich ein vertikales Arrangement der Ellipsoide, um nicht einen durch die Anordnung bedingten Bias zu riskieren. Die Antwortmöglichkeiten reichten von 1 bis 9, den neun ellipsoiden Flächen entsprechend. Die Antworten wurden in eine Skala

transformiert, welche die Richtung und die Grösse des Fehlers wiedergab, also 0 für eine richtige Antwort, -1 für eine Unterschätzung um eine Grösse, +2 für eine Überschätzung um zwei Grössen entsprechend der Abstufung der Ellipsoide. Ein durch die Antwortauswahl bedingter Bias sollte so gut wie möglich kontrolliert sein, alle neun Ellipsoide kamen als richtige Antworten vor, und sie waren als richtige Antworten innerhalb und zwischen den Bedingungen ausbalanciert. Allerdings war mit einer Antworttendenz in Richtung der Mitte der Auswahl zu rechnen. Eine systematische Überschätzung am unteren Ende der Auswahl und eine systematische Unterschätzung am oberen Ende der Auswahl sollte sich aber gegenseitig kompensieren.

8.1.3. Durchführung

Die Versuchspersonen hatten die Gesamtfläche der zwei projizierten Kleckse zu schätzen, sie wurden anhand einiger Beispiele ohne Zeitlimitierung ausführlich instruiert. Die Augenmesswerte wurden zu Beginn und dann nach jeweils fünf Expositionen wieder neu geeicht. Die Eichung erfolgte mittels dreier Punkte, dem Fixationspunkt bei 0.0° , bei 2.0° rechts und 2.0° links des Fixationspunktes. Die beiden letztgenannten Messwerte dienten direkt als Grenzwerte, die Stimuli wurden nur gezeigt, wenn die aktuell gemessene Position beider Augen innerhalb von 2.0° links oder rechts des Fixationspunktes lagen. Bei Augenbewegungen über 2.0° hinaus wurde die Exposition abgebrochen.

Den Versuchspersonen wurde zuerst das Antwortdia mit den neun möglichen Antworten und Fixationspunkt gezeigt. Etwa eine Sekunde nach einer verbalen Warnung des Versuchsleiters wurden simultan die zwei Flächen für 160 ms gezeigt, sofern die gemessenen Augenpositionen zu Beginn der Präsentation innerhalb von 2.0° lagen und die Präsen-
ta-

tion nicht durch Augenbewegungen über 2.0° hinaus abgebrochen wurde. Danach folgte ein leeres, weisses Feld für die Dauer von einer Sekunde. Schliesslich wurde wieder das Antwortdia mit Fixationspunkt gezeigt und die Versuchsperson gab mündlich ihre Antwort, welches der neun Ellipsoide der Gesamtoberfläche der zwei zu addierenden Flächen ihrer Meinung nach entsprach. Zögerte die Versuchsperson und war sie unsicher, wurde sie ermuntert zu raten. Die aktuellen Augenpositionen während und bis eine Sekunde nach Stimulusexposition wurden im Abstand von 40 ms abgespeichert, zwecks separater Analyse (siehe Kapitel 10). Für weitere technische Details bezüglich des Versuchsablaufs siehe Kapitel 4 und Kapitel 5.1.3.

8.2. RESULTATE

Die Leistungen der drei Gesichtsfeldbedingungen EVF-BH, LVF-RH und RVF-LH wurden varianzanalytisch verglichen. Zuvor waren die Skores der Bedingung EVF-BH zu halbieren, weil in dieser Bedingung doppelt so viele Stimuli gezeigt worden waren als in den beiden unilateralen Bedingungen LVF-RH und RVF-LH. Für die erste Analyse wurden die absoluten Fehlerwerte für jede Versuchsperson aufsummiert. Mit diesen Daten wurde eine zweifaktorielle Varianzanalyse mit dem abhängigen Faktor Gesichtsfeldbedingung (EVF-BH, LVF-RH, RVF-LH) und dem zusätzlichen unabhängigen Faktor Geschlecht durchgeführt (Tabelle 10). Ein signifikanter Haupteffekt resultierte nur für den Faktor Gesichtsfeldbedingung ($F_{2,40} = 9.70$, $p < .001$), nicht aber für den Faktor Geschlecht ($F_{1,20} < 1.00$). Auch die Wechselwirkung zwischen den beiden Faktoren war nicht signifikant ($F_{2,40} < 1.00$). Bezüglich des signifikanten Haupteffektes des Faktors Gesichtsfeldbedingung zeigten die a-posteriori-Vergleiche (nach Newman-Keuls; in Winer, 1971) eine sig-

nifikant bessere Leistung in der Bedingung LVF-RH als in den Bedingungen EVF-BH und RVF-LH (beide $p < .01$), aber keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden letztgenannten Bedingungen ($p > .05$).

Gruppe	N		EVF-BH	LVF-RH	RVF-LH
Frauen	16	Mean	4.53	3.44	5.19
		SD	1.98	1.97	2.56
Männer	16	Mean	4.44	3.31	4.44
		SD	1.65	1.01	1.46
total	32	Mean	4.48	3.38	4.81
		SD	1.79	1.54	2.09

Tabelle 10 Mittelwerte und Standardabweichungen der absoluten Fehlerwerte in Abhängigkeit von Gesichtsfeldbedingung und Geschlecht. Basis pro Zelle: 5 Expositionen.

Für die zweite Analyse wurde auch das Vorzeichen (plus oder minus) der Fehlerwerte berücksichtigt, die aufsummierten Fehlerwerte pro Versuchsperson repräsentierten also ein Mass für die gesamthafte Über- oder Unterschätzung in den verschiedenen Bedingungen (Tabelle 11). Die zweifaktorielle Varianzanalyse ergab signifikante Haupteffekte für den Faktor Gesichtsfeldbedingung ($F_{2,40} = 9.71$, $p < .001$) und für den Faktor Geschlecht ($F_{1,30} = 5.32$, $p < .05$). Die Wechselwirkung war nicht signifikant ($F_{2,40} < 1.00$). Die a-posteriori-Vergleiche ergaben eine signifikant stärkere Unterschätzung in der Bedingung EVF-BH als in den Bedingungen LVF-RH und RVF-LH (beide $p < .01$). Die beiden letztgenannten unilateralen Bedingungen unterschieden sich nicht signifikant voneinander ($p > .05$). Die Frauen unterschätzten die Gesamtfläche der beiden Kleckse massiv in allen drei Bedingungen, die Männer nur in der Bedingung EVF-BH.

Gruppe	N		EVF-BH	LVF-RH	RVF-LH
Frauen	16	Mean	-2.97	-1.31	-1.81
		SD	3.32	3.68	3.47
Männer	16	Mean	-0.56	1.19	0.94
		SD	3.51	2.48	3.77
total	32	Mean	-1.77	-0.06	-0.44
		SD	3.58	3.34	3.83

Tabelle 11 Mittelwerte und Standardabweichungen der Fehlerwerte mit Berücksichtigung des Vorzeichens (plus oder minus), in Abhängigkeit von Gesichtsfeldbedingung und Geschlecht. Basis pro Zelle: 5 Expositionen.

Da unser besonderes Interesse der bilateralen Bedingung EVF-BH galt, wurden deren Resultate einer weiteren Analyse unterzogen. Die zehn Items wurden in zwei Gruppen unterteilt. Die eine Gruppe enthielt die fünf Items mit der kleineren Fläche im RVF und der grösseren im LVF, die andere Gruppe bestand aus den fünf Items mit der grösseren Fläche im RVF und der kleineren im LVF (Tabelle 12). Wiederum unter Berücksichtigung des Vorzeichens der Fehlerwerte wurde mit diesen zwei Gruppen eine Varianzanalyse gerechnet, mit Gesichtsfeldbedingung (kleinere vs. grössere Fläche im RVF) als abhängigem und Geschlecht als unabhängigem Faktor. Für den Faktor Gesichtsfeldbedingung fand

Gruppe	N		kleinere Fläche in RVF	grössere Fläche in RVF
Frauen	16	Mean	-1.72	-1.25
		SD	1.45	2.09
Männer	16	Mean	-0.78	0.22
		SD	1.72	2.16
total	32	Mean	-1.25	-0.52
		SD	1.64	2.22

Tabelle 12 Nur bilaterale Bedingung: Mittelwerte und Standardabweichungen der Fehlerwerte mit Berücksichtigung des Vorzeichens, in Abhängigkeit von der Grösse der RVF-Fläche und vom Geschlecht. Basis pro Zelle: 2.5 Expositionen.

sich ein signifikanter Haupteffekt ($F_{1,30} = 7.12, p < .05$), nicht aber für den Faktor Geschlecht ($F_{1,30} = 3.97, p = .06$); auch die Wechselwirkung war nicht signifikant ($F_{1,30} < 1.00$).

Um den Zusammenhang zwischen Fehlerproduktion und linker Hemisphäre noch näher zu prüfen, wurden mit den absoluten Fehlerwerten Spearman Korrelationskoeffizienten zwischen den experimentellen Gesichtsfeldbedingungen berechnet. Die Korrelation war signifikant zwischen den Bedingungen EVF-BH und RVF-LH ($r_{30} = +.55, p < .01$), also zwischen den beiden Bedingungen, in welchen die LH an der Informationsverarbeitung beteiligt war. Die Korrelation zwischen den beiden Bedingungen, in welchen die RH mitarbeitete, EVF-BH und LVF-RH, war hingegen nicht signifikant ($r_{30} = +.26, p = .16$). Allerdings unterschieden sich die beiden Korrelationen nicht signifikant voneinander ($t_{60} = 1.71, p = .09$).

8.3. DISKUSSION

Die Gesamtfläche der beiden Kleeckse wurde in der bilateralen Bedingung EVF-BH signifikant stärker unterschätzt als in den unilateralen Bedingungen LVF-RH und RVF-LH. Das scheint auf einen besonders grossen Informationsverlust bei interhemisphärischer Integration der Stimulusteile hinzuweisen. Dabei ergibt sich nun aber ein methodisches Problem: Die Distanz zwischen den beiden Teilflächen war in der Bedingung EVF-BH über 8.0° , in den beiden unilateralen Bedingungen LVF-RH und RVF-LH aber nur 3.0° . Diese Inhomogenität zwischen den Versuchsbedingungen, die grössere räumliche Distanz zwischen den beiden Teilflächen in der bilateralen Bedingung, könnte sich gerade bei einer ausgeprägt figural-räumlichen Aufgabe bedeutsam ausgewirkt und

die besonders starke Unterschätzung der Gesamtfläche in der Bedingung EVF-BH herbeigeführt haben. Weil uns in diesem Experiment die Homogenität bezüglich Exzentrizität und vertikaler Verschiebung der Stimulusteile wichtig war, musste eben die Inhomogenität bezüglich der Distanz zwischen den Stimulusteilen in Kauf genommen werden. Um aber den Einfluss der Distanz zwischen den Stimulusteilen besser abschätzen zu können, wurde ein Kontrollexperiment durchgeführt, in welchem bei bilateralen und unilateralen Stimuli die Distanz zwischen den beiden Teilflächen gleich war.

8.4. KONTROLLEXPERIMENT

8.4.1. Methode

8.4.1.1. Versuchspersonen

Total 32 Normalversuchspersonen wurden untersucht, 16 Frauen und 16 Männer. Sie stammten aus der selben Population und erfüllten die selben Kriterien wie die Versuchspersonen des vorangegangenen Experimentes. Das Durchschnittsalter war 24.13 Jahre ($SD = 3.96$ Jahre), 23.88 Jahre für die Frauen ($SD = 4.11$ Jahre), 24.38 Jahre für die Männer ($SD = 3.91$ Jahre).

8.4.1.2. Stimuli

Die selben Paare von schwarzen Flächen wurden verwendet, nur jetzt in anderer Anordnung, so dass die Distanz zwischen den Teilflächen in allen Bedingungen konstant gehalten wurde. Die Flächenpaare waren horizontal angeordnet und wurden innerhalb von vordefinierten quadratischen Feldern mit 3.0° Seitenlänge gezeigt. Feld 1 lag zwischen 3.0° und 6.0° links des Fixationspunktes, Feld 2 zwischen

0.0° und 3.0° links, Feld 3 zwischen 0.0° und 3.0° rechts des Fixationspunktes und Feld 4 zwischen 3.0° und 6.0° rechts. Die vertikale Ausdehnung der Felder war 1.5° nach oben und 1.5° nach unten von der horizontalen Null-Grad-Linie aus. Für die Flächenpaare der Bedingung EVF-BH wurden die Felder 2 und 3 verwendet, für die Bedingung LVF-RH die Felder 1 und 2 und für die Bedingung RVF-LH die Felder 3 und 4. In jeder Bedingung wurden simultan zehn Stimuluspaare gezeigt. Die übrige Stimulusbeschreibung des Hauptexperimentes behält auch für dieses Kontrollexperiment ihre Gültigkeit.

8.4.1.3. Durchführung

Alle Angaben des Hauptexperimentes gelten auch für dieses Kontrollexperiment, mit der einzigen Ausnahme, dass die Augenmesswerte nun innerhalb von 1.5° links oder rechts des Fixationspunktes liegen mussten.

8.4.2. Resultate

Die Datenanalyse erfolgte auf die genau gleiche Art wie im Hauptexperiment. Die zweifaktorielle Varianzanalyse der absoluten Fehlerwerte (Tabelle 13) erbrachte keine signifikanten Resultate ($\bar{E}_{2,40} < 1.00$ für Gesichtsfeldbedingung, $\bar{E}_{1,30} < 1.00$ für Geschlecht und $\bar{E}_{2,40} < 1.00$ für die Wechselwirkung).

Gruppe	N		EVF-BH	LVF-RH	RVF-LH
Frauen	16	Mean	8.19	7.69	7.44
		SD	3.17	4.01	3.24
Männer	16	Mean	9.06	8.06	8.44
		SD	4.73	4.07	4.63
total	32	Mean	8.63	7.88	7.94
		SD	3.98	3.98	3.97

Tabelle 13 Kontrollexperiment: Mittelwerte und Standardabweichungen der absoluten Fehlerwerte in Abhängigkeit von Gesichtsfeldbedingung und Geschlecht. Basis pro Zelle: 10 Expositionen.

Das selbe ist von der Analyse der Fehlerwerte mit Berücksichtigung des Vorzeichens zu sagen (Tabelle 14; $F_{2,40} = 1.22$, $p = .30$, für Gesichtsfeldbedingung, $F_{1,30} < 1.00$ für Geschlecht, $F_{2,40} < 1.00$ für die Wechselwirkung).

Gruppe	N		EVF-BH	LVF-RH	RVF-LH
Frauen	16	Mean	-5.31	-4.19	-4.81
		SD	5.61	5.28	5.37
Männer	16	Mean	-6.06	-4.94	-5.19
		SD	6.39	6.57	6.73
total	32	Mean	-5.69	-4.56	-5.00
		SD	5.93	5.87	5.99

Tabelle 14 Kontrollexperiment: Mittelwerte und Standardabweichungen der Fehlerwerte mit Berücksichtigung des Vorzeichens (plus oder minus), in Abhängigkeit von Gesichtsfeldbedingung und Geschlecht. Basis pro Zelle: 10 Expositionen.

Beim Vergleich innerhalb der Bedingung EVF-BH zwischen den fünf Items mit der kleineren Fläche im RVF und den fünf Items mit der grösseren Fläche im RVF (Tabelle 15) wurde ein signifikanter Haupteffekt für den Faktor Gesichtsfeldbedingung gefunden ($F_{1,30} = 13.96$, $p < .001$), der Haupteffekt für den Faktor Geschlecht ($F_{1,30} < 1.00$)

und die Wechselwirkung ($F_{1,30} < 1.00$) waren aber nicht signifikant.

Gruppe	N		kleinere Fläche in RVF	grössere Fläche in RVF
Frauen	16	Mean	-3.56	-1.75
		SD	2.81	3.15
Männer	16	Mean	-3.69	-2.38
		SD	3.81	3.07
total	32	Mean	-3.63	-2.06
		SD	3.29	3.08

Tabelle 15 Kontrollexperiment, nur bilaterale Bedingung: Mittelwerte und Standardabweichungen der Fehlerwerte mit Berücksichtigung des Vorzeichens, in Abhängigkeit von der Grösse der RVF-Fläche und vom Geschlecht. Basis pro Zelle: 5 Expositionen.

8.5. ALLGEMEINE DISKUSSION

Bezüglich der absoluten Fehlerwerte ergab sich im Hauptexperiment die beste Leistung, wenn nur die rechte Hemisphäre (RH) stimuliert wurde (Bedingung LVF-RH). Dieses Resultat stimmt mit der generellen Meinung überein, dass die RH der linken Hemisphäre (LH) für die Verarbeitung figural-räumlicher Informationen überlegen ist (siehe als Übersicht Beaumont, 1982b). Es ist mir kein tachistoskopisches Experiment bekannt, in welchem wie hier eine Flächen-schätzungsaufgabe verwendet wurde. Eine gewisse Parallelität findet sich allenfalls bei Studien, in welchen mit anderem Material eine ähnliche Aufgabe, eine Schätzung im weiteren Sinne, gestellt war: Kimura (1966) und in Replikation auch McGlone und Davidson (1973) und Young und Bion (1979) erzielten mit dem Schätzen von Punktwolken (enumeration of dots) ebenfalls eine LVF-Überlegenheit. Ein nur noch sehr geringer Verwandtschaftsgrad besteht zu

Zeitschätzungsaufgaben, bei welchen Jacquy und Squelart (1984) eine erhöhte rechtshemisphärische Aktivität nachwiesen.

Die rechtshemisphärische Überlegenheit für die Genauigkeit in der Schätzung der Gesamtfläche konnte im Kontrollexperiment nicht repliziert werden. Es bleibt nichts anderes übrig, als für diesen Unterschied in den Resultaten die veränderte, im Kontrollexperiment horizontale Anordnung der Stimulusteile verantwortlich zu machen.

In den Analysen der absoluten Fehlerwerte waren sowohl im Haupt- als auch im Kontrollexperiment keine Geschlechtsunterschiede nachzuweisen, wie man es beispielsweise aufgrund der Überlegungen von McGlone (1980) hätte erwarten können. Im Gegensatz zur Argumentation von McGlone und Kertesz (1973) bestehen keine Hinweise auf eine bei Frauen eher verbale Verarbeitung nonverbaler Informationen. Wir können also weiterhin davon ausgehen, dass die verwendete figural-raumliche Aufgabe relativ schlecht verbalisierbar war. Bei den Analysen mit Berücksichtigung des Vorzeichens zeigte sich jedoch im Hauptexperiment ein signifikanter Effekt für den Faktor Geschlecht. Frauen neigten sehr stark zu einer Unterschätzung der Gesamtfläche, während die Männer sie eher leicht überschätzten. Dieser Effekt kann nicht wie üblich im Sinne einer bei Frauen geringer ausgeprägten Hemisphärenasymmetrie interpretiert werden (siehe als Übersicht Bryden, 1982). Für die stärkere Unterschätzung der Gesamtfläche durch Frauen finden sich in der Literatur keine vergleichbaren oder vereinbaren Daten und Interpretationen. Auf alltagspsychologische Auslegungen wollen wir verzichten.

8.5.1. Keine Hinweise auf eine kooperative Interaktion ...

Im Hauptexperiment ergaben sich über die drei experimentellen Bedingungen verschiedene Ergebniskonfigurationen, je nachdem, ob nur absolute Fehlerwerte oder ob auch die Richtung der Fehler als Über- und Unterschätzung berücksichtigt wurde. Die Resultate beider Analysen sind schwierig mit denjenigen anderer Studien in Beziehung zu setzen, weil - wie eingangs erwähnt - in ähnlichen Experimenten zur interhemisphärischen Integration kaum vergleichbares Material verwendet wurde. In der ersten Analyse, die auf absoluten Fehlerwerten basiert, wurden in der bilateralen Bedingung EVF-BH etwa gleich gute Leistungen erzielt wie in der schlechteren unilateralen Bedingung RVF-LH, während die unilaterale Bedingung LVF-RH gegenüber den beiden anderen Bedingungen die signifikant besten Leistungen erbrachte. Diese Konfiguration steht im Widerspruch zu den Resultaten aller mir bekannten Studien, in welchen simultan dargebotene Stimulusteile zu integrieren waren, in allen Studien wurden in der bilateralen Bedingung mindestens gleich gute Resultate erzielt wie in der besseren der unilateralen Bedingungen (siehe Kapitel 3.3.1). Die einzigen Experimente, in welchen zwar leicht verbalisierbares, aber immerhin figural-räumliches Material verwendet wurde (die von Dimond & Beaumont, 1972), zeigten in der bilateralen Bedingung sogar die besten Resultate (im ersten nicht signifikant, im zweiten signifikant).

Die Resultate der zweiten Analyse, in welcher auch die Richtung der Fehler als Über- und Unterschätzung berücksichtigt wurde, unterstreichen den Widerspruch zu den oben erwähnten Studien: Die bilaterale Bedingung ergab die signifikant schlechtesten Leistungen.

In beiden Analyse-Arten, ob absolute Fehler oder auch die Richtung der Fehler verrechnet wurden, konnten die Re-

sultate des Hauptexperimentes im Kontrollexperiment nicht repliziert werden. Die im Hauptexperiment festgestellten signifikanten Unterschiede verschwanden im Kontrollexperiment. Wir können nur die einzig fassbare Variation zwischen den beiden Experimenten, nämlich die unterschiedliche Anordnung der Stimulusteile als Erklärung dafür herbeiziehen. Es ist allerdings schwer verständlich, warum in der Analyse der absoluten Fehler durch die horizontale Anordnung die Überlegenheit der LVF-RH-Bedingung zunichte gemacht wurde. Gut nachvollziehbar ist hingegen die Veränderung in der Analyse der mit Vorzeichen versehenen Fehler. Die Bedingung EVF-BH erbrachte zwar auch im Kontrollexperiment die schlechteste Leistung, aber nicht mehr signifikant. Wir nehmen an, diese Nivellierung sei durch die im Kontrollexperiment nun in allen drei Bedingungen gleiche Distanz zwischen den Stimulusteilen zustande gekommen. Die in der Diskussion des Hauptexperimentes (Kapitel 8.3) formulierte Hypothese, wonach die Distanz zwischen den Stimulusteilen bei diesem figural-raumlichen Material eine kritische Rolle spielt, scheint sich also zu bestätigen. Wiederum schlecht verständlich ist die Tatsache, dass die Gesamtleistung im Kontrollexperiment deutlich schlechter war als im Hauptexperiment, wie aus den Spaltenmittelwerten der Tabellen 11 und 14 hervorgeht (für einen direkten Vergleich muss man die Werte von Tabelle 14 halbieren). Es ist nicht unmittelbar einzusehen, weshalb die horizontale Anordnung der Stimulusteile zu einer generell stärkeren Unterschätzung der Gesamtfläche führte. Und es ist völlig offen, welche Art von Störung mit der horizontalen Anordnung einherging und zu dieser Leistungsver schlechterung und auch zur Verwischung der Resultate in der Analyse der absoluten Fehler geführt hat.

Auch für die Resultate des Kontrollexperimentes finden sich bezüglich beider Analyse-Arten in der vorliegenden Literatur keine entsprechenden Daten. Wenn wir

diese nicht signifikanten Resultate überhaupt interpretieren wollen, dann haben die Überlegungen, die wir schon für das Hauptexperiment angestellt haben, auch für die Resultate des Kontrollexperimentes Gültigkeit. Zumindest in einer Hinsicht sind die Resultate von Haupt- und Kontrollexperiment konsistent: Es sind keinerlei Anzeichen für eine kooperative Interaktion zwischen den beiden Hemisphären sichtbar, die Verteilung der zu verarbeitenden Informationen auf beide Hemisphären führte sicher nicht zu einer Leistungsverbesserung.

8.5.2. ... sondern eher auf eine mangelhafte Kooperation

Wenn schon keine kooperative Interaktion zwischen den Hemisphären angenommen werden kann, dann fragt es sich nun, wie denn sonst bei den vorliegenden zwei Experimenten die Hemisphären zusammengewirkt haben könnten. Wir betrachten zu diesem Zweck die Vergleiche innerhalb der Bedingung EVF-BH zwischen den fünf Items mit der kleineren Fläche im RVF und den fünf Items mit der grösseren Fläche im RVF (Tabellen 12 und 15). Wenn die LH die kleinere Fläche verarbeitete, die etwa halb so gross war wie die dazugehörige andere Fläche des Stimuluspaares, dann war die Unterschätzung der Gesamtfläche signifikant ausgeprägter als wenn die LH die grössere der beiden Flächen verarbeitete. Die höhere Korrelation der absoluten Fehlerwerte zwischen den Bedingungen EVF-BH und RVF-LH als zwischen den Bedingungen EVF-BH und LVF-RH bestätigt in einem gewissen Ausmass die wichtige Rolle der LH im Produzieren von Fehlschätzungen, auch wenn der Unterschied zwischen den beiden Korrelationen nicht signifikant ist.

Wenn die grössere Fläche von der LH verarbeitet wurde, schien die LH normal mitzuarbeiten, im Rahmen ihrer für dieses Material relativ beschränkten Kapazität. Wenn

sie hingegen die kleinere Fläche verarbeitete, zeigte sich eine Verzerrung der Resultate in Richtung einer stärkeren Unterschätzung der Gesamtfläche. Bezüglich inter-hemisphärischer Integration bieten sich hierfür verschiedene Interpretationsmöglichkeiten an.

8.5.2.1. Ungenügende Kapazität der linken Hemisphäre

Die erste Interpretationsmöglichkeit betont die unzuverlässige Mitarbeit der LH, die einen quantitativ ungenügenden Transfer zur erwiesenermassen kompetenteren RH impliziert und die folglich zu einem quantitativen Informationsverlust und zu einer Unterschätzung der Gesamtfläche führte. Eine mögliche Ursache für diese "Stummheit" der LH konnte ein hemmender Einfluss von seiten der simultan arbeitenden RH gewesen sein. Eine solche Sichtweise würde den Modellen negativer Interaktion entsprechen (siehe Allen, 1983, sowie Kapitel 3.4.1). Es existieren aber nur wenige Daten anderer Autoren, die die Annahme einer solchen unidirektionalen Hemmung unterstützen könnten (Smith et al., 1977; Suberi & McKeever, 1977). Zudem wäre diese Hemmung der LH durch die RH auch nur eine bedingte, sie würde nur dann auftreten, wenn die LH die kleinere, geringfügigere, vielleicht eher vernachlässigbare Informationsmenge verarbeitet.

Wahrscheinlicher ist ein aktives Fehlverhalten der LH. Gehen wir davon aus, dass die LH das ihr präsentierte Material mit den ihr zur Verfügung stehenden Mitteln verarbeitete. Es ist dann plausibel zu vermuten, dass die LH eine kategorisierende, verbalisierende Strategie anwendete, dass also die relativ kleinen Flächen als "klein" und die relativ grossen Flächen als "gross" kategorisiert oder mit verbalen Labels versehen wurden. Als Folge davon ist ein systematischer Bias in der Flächenschätzung der LH in Richtung der von ihr vollzogenen Kategorisierung oder Ver-

balisierung denkbar. Das heisst, die kleineren Flächen wurden von der LH als zu klein eingeschätzt, was eine stärkere Unterschätzung der Gesamtfläche verursachte. Etwas gewagt wäre es, auch das Umgekehrte zu vermuten: Eine systematische Überschätzung der grösseren Fläche durch die LH ist nämlich im Hauptexperiment nicht sichtbar, infolge der wahrscheinlich durch die grosse Distanz zwischen den Stimulusteilen verursachten starken Tendenz zur Unterschätzung in der EVF-BH-Bedingung. Im Kontrollexperiment hingegen zeigen sich Hinweise darauf: Wenn die LH die grössere Fläche verarbeitete, betrug die Unterschätzung der Gesamtfläche -4.12 Fehlerpunkte (Tabelle 15, Basis 10 Expositionen), was verglichen mit den unilateralen Bedingungen (Tabelle 14) eine stärkere Überschätzung bedeutet. Jedenfalls impliziert diese Interpretation eine entscheidende Rolle der LH in der Informationsverarbeitung, die sich so äussert, dass die ungenügende Kapazität der LH für diese figural-räumlichen Informationen zu systematischen, "linkshemisphärischen" Fehlern führt.

8.5.2.2. Empfangsprobleme der rechten Hemisphäre

Die zweite Interpretationsmöglichkeit betont eine unzulängliche Funktion der RH, welche die transferierten Informationen von der LH immer dann ignoriert, wenn sie selbst mit der Verarbeitung der grösseren Fläche beschäftigt ist. Das Resultat wäre auch in diesem Fall eine stärkere Unter- als Überschätzung der Gesamtfläche. Das Modell von Friedman und Polson (1981; siehe Kapitel 3.4.3) könnte eine solche "Taubheit" der RH erklären: Solange alle Ressourcen der RH zur Verarbeitung der grösseren Fläche benötigt wurden, konnte sie keine aus anderen Quellen stammende Informationen berücksichtigen, also keine Informationen aus der LH integrieren. Wenn umgekehrt nicht alle Ressourcen der RH benötigt wurden, wenn sie also die

kleinere Fläche verarbeitete, blieben genügend Ressourcen übrig, um Informationen aus der LH zu integrieren. Diese Interpretation würde bedeuten, dass die Summe der benötigten rechtshemisphärischen Ressourcen von der Grösse der verarbeiteten Fläche abhing. Es gibt in der Literatur keine Anhaltspunkte zur Beurteilung dieser Implikation.

8.5.2.3. Frage der Transmission

Schliesslich sei noch eine dritte, eher theoretisch anmutende Interpretationsmöglichkeit angedeutet. Gemäss Überlegungen von Milner und Lines (1982) ist anzunehmen, dass die zerebralen Kommissuren eine begrenzte Transmissionskapazität haben. Es scheint deshalb auch sinnvoll, umgekehrt ein von jeglicher Verarbeitungstätigkeit unabhängiges "Grundrauschen" zu postulieren, eine Schwelle, welche nur durch relativ gewichtige, bedeutsame Informationsmengen überschritten werden konnte (grossere Flächen), nicht aber von relativ geringen, vernachlässigbaren Informationsmengen (kleinere Flächen). Ein solcher Mechanismus könnte auch Bestandteil der zuvor angeführten Interpretationsmöglichkeiten sein.

9. EXPERIMENT MIT VERSCHIEDEN KODIERBAREM MATERIAL

Es ist dies das letzte Einzelexperiment, von dem wir berichten. In den bisher dargestellten Experimenten wurde jeweils sehr "eindeutiges" Material verwendet. Die Beurteilung der semantischen Relation zwischen zwei Adjektiven war sicher nicht ohne Einbezug abstrakter, verbaler Prozesse zu vollziehen. Auch mit den bildhaft dargestellten Komposita sollten vor allem verbale Verarbeitungsprozesse angesprochen werden. Umgekehrt schien das adäquate Schätzen der Gesamtfläche zweier Kleckse nur durch figural-räumliche Mechanismen gewährleistet zu sein, von verbalen Strategien konnten keine wesentlichen Leistungsverbesserungen erwartet werden.

Bei dem nun vorliegenden Experiment wurde mit Absicht ein figural-räumliches Material verwendet, welches nicht nur mittels figural-räumlicher Mechanismen, sondern - da leicht verbalisierbar - auch mittels sprachlicher Mechanismen verarbeitbar war. Der Zweck hierbei war einerseits natürlich wiederum zu sehen, wie solches Material inter-hemisphärisch integriert wurde. Zweitens stellte sich die Frage, ob eventuell verschiedene Versuchspersonen dieses Material verschieden verarbeiteten, entsprechend den unterschiedlichen Verarbeitungsmöglichkeiten und in Abhängigkeit individueller Verarbeitungsstile. Wir wollten also herausfinden, ob der kognitive Stil der Versuchspersonen die Resultate wesentlich veränderte.

Cohen (1982, 89) definierte den Begriff "cognitive style" als "a disposition to adopt a particular processing strategy which effectively changes the cognitive demands of the task". Andere gebräuchliche und verwandte Begriffe sind "mode of cognitive processing" (Beaumont, Young & McManus, 1984, 191, 203), "strategy" (Umiltà et al., 1978, 43) oder

"cognitive mode" (Arndt & Berger, 1978, 85), welche sich aber alle nicht von der breiten Definition Cohens (1982) unterscheiden. Umiltà et al. (1978) schien eine explizite Definition von "strategy" überhaupt überflüssig.

Um den Einfluss eines ausgeprägten kognitiven Stils auf die Wahrnehmungsleistung zu untersuchen, bedurften wir einer operationalen Definition. Horizontale Augenbewegungen, elektrophysiologische Masse, Fragebogen und relativ unspezifische kognitive Tests wurden von Beaumont et al. (1984) als eher fragwürdige Methoden zur Erfassung eines kognitiven Stils diskutiert. Also definierten wir den Begriff als ein bestimmtes Verhaltensmuster, nämlich als eine ausgeprägte Diskrepanz zwischen den verbalen und figural-räumlichen Leistungen einer Versuchsperson. Wir nahmen einzig auf die wohlbekannte Beobachtung Bezug, dass "... some people are verbally fluent and relatively inept at, say, spatial tasks, whereas others show the reverse pattern" (Bryden, 1982, 8). Damit verwendeten wir eine recht allgemeine Definition; es sind sicher noch andere Begriffe denkbar, um die Diskrepanz zwischen den Leistungen in verbalem und figural-raumlichem Bereich zu bezeichnen.

9.1. METHODE

9.1.1. Versuchspersonen

Es wurden 32 Normalversuchspersonen untersucht, 16 Frauen und 16 Männer, die Mehrzahl Studenten oder Personen mit abgeschlossener akademischer Ausbildung. Das Durchschnittsalter war 27.00 Jahre (SD = 5.03 Jahre), 27.19 Jahre für die Frauen (SD = 5.47 Jahre), 26.81 Jahre für die Männer (SD = 4.72 Jahre). Alle Versuchspersonen waren bezüglich des Untersuchungszieles naiv, gemäss Edinburgh Händigkeitinventar (Oldfield, 1971) rechtshändig und hat-

ten eine normale oder mittels Kontaktlinsen auf normal korrigierte Sehschärfe.

Um den Einfluss eines ausgeprägten kognitiven Stils zu untersuchen, wurden die Versuchspersonen in Gruppen aufgeteilt, gemäss ihrer Leistung in anderen verbalen und figural-räumlichen Aufgaben: Im selben tachistoskopischen Durchgang beurteilten die Versuchspersonen noch die semantische Relation zweier Adjektive (Kapitel 6.1) und sie schätzten die Gesamtfläche zweier amorpher schwarzer Flächen (Kapitel 8.1). In einem ersten Schritt wurden die Gesamtscores dieser verbalen und figural-räumlichen Aufgaben in Rangdaten umgewandelt. Die Versuchspersonen mit der grössten Rangdifferenz zwischen verbalen und figural-räumlichen Aufgaben wurden der Gruppe mit ausgeprägtem kognitivem Stil zugeordnet, die Versuchspersonen mit einer kleinen Rangdifferenz der Gruppe ohne ausgeprägten kognitiven Stil. Um etwa gleich grosse Gruppen zu erhalten, wurde der Cut-Off-Wert bei einer Rangdifferenz von 9.5 festgelegt. Siebzehn Versuchspersonen hatten eine Rangdifferenz von 9.5 oder mehr (7 Frauen und 10 Männer), 15 Versuchspersonen eine kleinere als 9.5 (9 Frauen und 6 Männer). Die Mittelwerte der erst- und letztgenannten Gruppe waren für die verbale Aufgabe $\bar{M} = 9.41$ ($\underline{SD} = 3.69$) und $\bar{M} = 9.87$ ($\underline{SD} = 2.42$), für die figural-räumliche Aufgabe $\bar{M} = 7.94$ ($\underline{SD} = 3.13$) und $\bar{M} = 7.47$ ($\underline{SD} = 1.55$; Anzahl richtiger Schätzungen). Zwei t -Test-Vergleiche zeigten, dass keine der Differenzen signifikant war (beide $p > .50$).

In einem zweiten Schritt wurde innerhalb der Gruppe mit ausgeprägtem kognitivem Stil auch das Vorzeichen der Rangdifferenz (verbal minus figural-räumlich) in Betracht gezogen, um zwei Untergruppen zu bilden. Bei neun Versuchspersonen resultierte ein negativer Wert, diese Versuchspersonen bildeten die verbale Gruppe (5 Frauen und 4 Männer); die acht Versuchspersonen, bei welchen sich ein

positives Vorzeichen ergab, wurden als figural-räumliche Gruppe bezeichnet (2 Frauen und 6 Männer).

9.1.2. Stimuli

Im vorliegenden Experiment wurden verschieden geneigte Linien als Stimuli verwendet. Man kann davon ausgehen, dass solche Stimuli sowohl auf verbale als auch auf figural-raumliche Art und Weise verarbeitet werden können, ohne einen bestimmten kognitiven Verarbeitungsstil nahelegen. Jedenfalls unterstützt die in der Literatur sichtbare grosse Variabilität bezüglich der Gesichtsfeldasymmetrien, die mit solchem Material erzielt wurden, diese Vermutung (White, 1971; Fontenot & Benton, 1972; Umiltà et al., 1974; Pitblado, 1979).

Die Stimuli bestanden aus Paaren von verschieden orientierten, geraden, schwarzen Linien auf weissem Hintergrund, umrahmt von einem feiner gezeichneten, schwarzen Quadrat. Die Orientierung der Linien war entweder horizontal, vertikal, diagonal aufsteigend (von der linken unteren zur rechten oberen Ecke des umrahmenden Quadrates) oder diagonal absteigend (von der linken oberen zur rechten unteren Ecke). Die horizontalen Linien lagen entweder auf der horizontalen Mittellinie oder entlang der oberen oder unteren Seite des umrahmenden Quadrates. Die vertikalen Linien lagen immer auf der vertikalen Mittellinie des Quadrates (siehe Abbildung 9). Die Seitenlänge der Quadrate mass 2.8° ; die Quadrate waren zwischen 4.0° und 6.8° links bzw. rechts des Fixationspunktes und zwischen 0.0° und 2.8° oberhalb bzw. unterhalb der horizontalen Null-Grad-Linie plaziert. Die Linien selbst beanspruchten 1.8° horizontale und/oder vertikale Ausdehnung, sie berührten die Seiten des Quadrates also nicht. In den unilateralen Bedingungen waren die Stimuluspaare untereinander angeordnet; in der bila-

teralen Bedingung waren sie so plaziert, dass entweder das linke obere mit dem rechten unteren oder das linke untere mit dem rechten oberen Feld zugleich verwendet wurde. Jeder Versuchsperson wurden zehn bilaterale Stimuluspaare gezeigt, je eine Linie pro Gesichtsfeld bzw. Hemisphäre (Bedingung EVF-BH), wobei der Gebrauch der beiden diagonalen Anordnungen (links oben mit rechts unten und vice versa) ausbalanciert war. Fünf Stimuluspaare wurden unilateral im linken Gesichtsfeld, d.h. der rechten Hemisphäre gezeigt (LVF-RH) und fünf Stimuluspaare im rechten Gesichtsfeld, d.h. der linken Hemisphäre (RVF-LH). Die total 20 Stimuli wurden allen Versuchspersonen in der selben randomisierten Reihenfolge gezeigt.

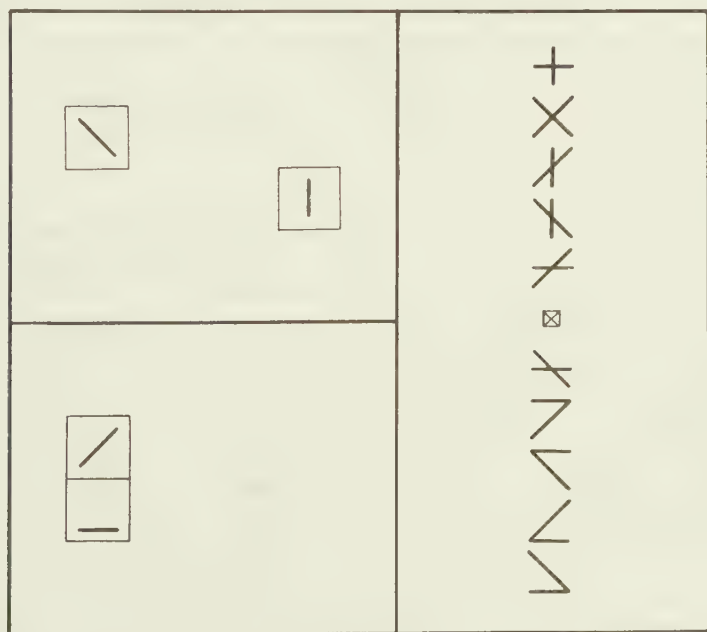


Abbildung 2 Beispiel eines Stimuluspaares der Bedingung EVF-BH (links oben) und der Bedingung LVF-RH (links unten), rechts die Multiple-Choice-Tafel mit Fixationspunkt. Die richtige Antwort für das EVF-BH-Item ist die vierte Figur von oben, für das LVF-RH-Item die zweite von unten.

Die Aufgabe der Versuchspersonen bestand darin, sich die zwei quadratischen Umrahmungen aufeinanderliegend vorzustellen und zu entscheiden, welche Figur dadurch die zwei Linien nun bildeten. Es wurde eine Multiple-Choice-Tafel mit zehn möglichen Antwortfiguren gegeben, welche senkrecht angeordnet waren (siehe Kapitel 8; Hines, 1984). Die zehn Figuren stellten alle möglichen Linienkombinationen dar, mit Ausnahme der Kombination, die dem Buchstaben T ähnelt und deren horizontale Spiegelung (siehe Abbildung 9). Für alle Stimuli wurde das selbe Multiple-Choice-Set verwendet. Alle Figuren dieses Sets kamen einmal in der Bedingung EVF-BH als richtige Antwort vor, die Figuren 1, 3, 5, 7 und 9 (von oben nach unten in Abbildung 9) je einmal in der Bedingung LVF-RH und die Figuren 2, 4, 6, 8 und 10 je einmal in der Bedingung RVF-LH.

9.1.3. Durchführung

Die Versuchspersonen hatten also die zwei quadratischen Umrahmungen sich "wie durchsichtige Folien" aufeinanderliegend vorzustellen und zu entscheiden, welche Figur dann die zwei Linien bildeten. Jede Versuchsperson wurde anhand einiger Beispiele ohne Zeitbegrenzung ausführlich instruiert. Die Augenmesswerte wurden zu Beginn und dann nach jeweils fünf Expositionen wieder neu geeicht. Die Eichung erfolgte mittels dreier Punkte, dem Fixationspunkt bei 0.0° , bei 2.0° rechts und 2.0° links des Fixationspunktes. Die beiden letztgenannten Messwerte dienten direkt als Grenzwerte, die Stimuli wurden nur gezeigt, wenn die aktuell gemessene Position beider Augen innerhalb von 2.0° links oder rechts des Fixationspunktes lagen. Bei Augenbewegungen über 2.0° hinaus wurde die Exposition abgebrochen.

Den Versuchspersonen wurde zuerst das Antwortdia mit den zehn möglichen Antwortfiguren und Fixationspunkt

gezeigt. Etwa eine Sekunde nach einer verbalen Warnung des Versuchsleiters wurden simultan die zwei quadratisch umrahmten Linien für 160 ms gezeigt, sofern die gemessenen Augenpositionen zu Beginn der Präsentation innerhalb von 2.0° lagen und die Präsentation nicht durch Augenbewegungen über 2.0° hinaus abgebrochen wurde. Danach folgte ein leeres, weisses Feld für die Dauer von einer Sekunde. Schliesslich wurde wieder das Antwortdia mit Fixationspunkt gezeigt und die Versuchsperson gab mündlich ihre Antwort. Zögerte die Versuchsperson und war sie unsicher, wurde sie ermuntert zu raten. Eine völlig richtige Antwort wurde mit zwei Punkten bewertet, eine teilweise richtige Antwort (nur eine Linie richtig identifiziert) mit einem Punkt. Die aktuellen Augenpositionen während und bis eine Sekunde nach Stimulusexposition wurden im Abstand von 40 ms abgespeichert, zwecks separater Analyse (siehe Kapitel 10). Für weitere technische Details bezüglich des Versuchsablaufs siehe Kapitel 4 und Kapitel 5.1.3.

9.2. RESULTATE

Bei der Datenanalyse wurde in Rechnung gezogen, dass in der bilateralen Bedingung EVF-BH doppelt so viele Stimuli gezeigt worden waren wie in den unilateralen Bedingungen. Es wurde vorerst eine zweifaktorielle Varianzanalyse für abhängige Stichproben mit dem abhängigen Faktor Gesichtsfeldbedingung (EVF-BH, LVF-RH, RVF-LH) und dem unabhängigen Klassifikationsfaktor Geschlecht durchgeführt (siehe Tabelle 16). Sowohl beide Haupteffekte als auch die Wechselwirkung zwischen den beiden Faktoren waren nicht signifikant ($F_{2,40} < 1.00$ für Gesichtsfeldbedingung, $F_{1,20} < 1.00$ für Geschlecht, $F_{2,40} < 1.00$ für die Wechselwirkung). In der weiteren Analyse wurde der Faktor Geschlecht nicht mehr berücksichtigt.

Gruppe	N		EVF-BH	LVF-RH	RVF-LH
Frauen	16	Mean	8.63	8.56	8.44
		SD	1.43	1.21	1.41
Männer	16	Mean	8.66	8.25	8.63
		SD	1.15	1.39	1.09
total	32	Mean	8.64	8.41	8.53
		SD	1.28	1.29	1.24

Tabelle 16 Mittelwerte und Standardabweichungen der Punktwerte in Abhängigkeit von Gesichtsfeldbedingung und Geschlecht. Theoretisches Maximum pro Zelle = 10.00.

Im nächsten Auswertungsschritt wurde die Aufteilung der Versuchspersonen in Gruppen mit und ohne ausgeprägten kognitiven Stil berücksichtigt, in einer zweifaktoriellen Varianzanalyse mit Gesichtsfeldbedingung als abhängigem und kognitivem Stil (ausgeprägt vs. nicht ausgeprägt) als zusätzlichem Klassifikationsfaktor (siehe Tabelle 17). Es ergaben sich keine signifikanten Haupteffekte ($F_{2,40} < 1.00$ für Gesichtsfeldbedingung und $F_{1,20} < 1.00$ für kognitiven Stil). Die Wechselwirkung war jedoch signifikant ($F_{2,40} = 3.70$, $p < .05$). Die a-posteriori-Vergleiche zeigten einen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Versuchspersonengruppen mit und ohne ausgeprägtem kognitivem Stil innerhalb der Bedingung EVF-BH ($p < .05$ nach

kognitiver Stil	N		EVF-BH	LVF-RH	RVF-LH
ausgeprägt	17	Mean	9.06	8.41	8.41
		SD	0.95	1.54	1.23
nicht ausgeprägt	15	Mean	8.17	8.40	8.67
		SD	1.46	0.99	1.29
total	32	Mean	8.64	8.41	8.53
		SD	1.28	1.29	1.24

Tabelle 17 Mittelwerte und Standardabweichungen der Punktwerte in Abhängigkeit von Gesichtsfeldbedingung und Ausprägung des kognitiven Stils. Theoretisches Maximum pro Zelle = 10.00.

Duncan; in Winer, 1971). Die übrigen orthogonalen paarweisen Vergleiche erbrachten keine signifikanten Unterschiede (alle $p > .05$).

Im letzten Auswertungsschritt gingen wir der Frage nach, wie sich die Art eines vorhandenen kognitiven Stils in den Resultaten niederschlug. Zu diesem Zweck wurden nur die Resultate der Gruppe mit ausgeprägtem kognitivem Stil berücksichtigt (siehe Tabelle 18), und zwar in einer zweifaktoriellen Varianzanalyse mit dem abhängigen Faktor Gesichtsfeldbedingung und dem zusätzlichen Klassifikationsfaktor Art des kognitiven Stils (verbal vs. figural-räumlich). Wiederum waren alle Effekte nicht signifikant ($F_{2,15} = 2.56$, $p = .09$ für Gesichtsfeldbedingung; $F_{1,15} < 1.00$ für Art des kognitiven Stils; $F_{2,30} < 1.00$ für die Interaktion zwischen den beiden Faktoren).

kognitiver Stil	N		EVF-BH	LVF-RH	RVF-LH
verbal	9	Mean	9.00	8.56	8.44
		SD	1.17	1.74	1.13
figural-räumlich	8	Mean	9.13	8.25	8.38
		SD	0.69	1.39	1.41
total	17	Mean	9.06	8.41	8.41
		SD	0.95	1.54	1.23

Tabelle 18 Mittelwerte und Standardabweichungen der Punktwerte in Abhängigkeit von Gesichtsfeldbedingung und Art des kognitiven Stils. Theoretisches Maximum pro Zelle = 10.00.

9.3. DISKUSSION

Zwischen den unilateralen Bedingungen wurden keine signifikanten Unterschiede gefunden, es ergab sich also mit diesem figural-räumlichen Material keine Gesichtsfeldasymmetrie. Dieses Resultat entspricht keiner der ta-

chistoskopischen Studien, in welchen die Wahrnehmung der Orientierung von Linien geprüft wurde: White (1971), Umiltà et al. (1974, erstes Experiment) und Previc (1982) erzielten eine RVF-Überlegenheit, Fontenot und Benton (1972) und Umiltà et al. (1974, zweites und drittes Experiment) eine LVF-Überlegenheit. Die Vergleichbarkeit der Resultate ist allerdings durch die Tatsache eingeschränkt, dass in keiner dieser Studien die Integration zweier Stimulusteile erforderlich war.

Das Fehlen irgendwelcher geschlechtsbedingter Effekte vermag die Hypothesen von McGlone (1978) und Bryden (1982), wonach Frauen und Männer eine unterschiedliche Hemisphärenasymmetrie aufweisen, nicht zu unterstützen.

Dimond und Beaumont (1972) sind die einzigen Autoren, die ebenfalls leicht verbalisierbares figural-raumliches Material für eine interhemisphärische Integrationsaufgabe verwendeten (siehe Kapitel 3.3.1). Sie erzielten mit einem Vergleich von geometrischen Mustern in ihrem ersten Experiment eine nicht-signifikante, im zweiten Experiment eine signifikante Überlegenheit der bilateralen Bedingung EVF-BH. Demgegenüber zeigte sich im vorliegenden Experiment diesbezüglich kein signifikanter Haupteffekt. Zwar resultierte in der Analyse der Versuchspersonen mit ausgeprägtem kognitivem Stil (Tabelle 18) ein identisches Ergebnismuster wie bei Dimond und Beaumont (1972), der Effekt kann aber bestenfalls als nicht signifikante Tendenz interpretiert werden ($p = .09$). So können wir höchstens spekulieren, dass bei einer grosseren Schwierigkeit der Aufgabe (z.B. durch Reduktion der Expositionszeit) diese Tendenz eventuell zu einem signifikanten Effekt geworden wäre.

9.3.1. Art des kognitiven Stils hat keinen Einfluss

Offensichtlich übte die Art des kognitiven Stils, ob verbal oder figural-räumlich, keinen Einfluss auf das Dominanzmuster aus. Das Fehlen von Gesichtsfeldasymmetrien kann einerseits durch den geringen Schwierigkeitsgrad der Aufgabe bedingt sein (gesamthaft 85% richtig). Für eine einfache Aufgabe scheint es nicht notwendig, einem ausgeprägten kognitiven Stil entsprechend vorzugehen, selbst wenn die Disposition zu einem ausgeprägten, verbalen oder figural-räumlichen Stil gegeben ist und die Aufgabe als solche gemäss Umiltà et al. (1974) für die Verarbeitung in beiden Stilarten zugänglich ist. Die wahrscheinlichere Erklärung ist aber die, dass eben kein Zusammenhang besteht zwischen ausgeprägtem (verbalem oder figural-räumlichem) kognitivem Stil und hohem Spezialisierungsgrad der entsprechenden (linken oder rechten) Hemisphäre. Auch Arndt und Berger (1978) und Fallik und Eliot (1985) fanden keinen signifikanten Zusammenhang zwischen kognitivem Stil (gemessen mit Tests, bzw. mit Tests und Fragebogen) und Hemisphärendominanz (tachistoskopisch, bzw. tachistoskopisch und dichotisch gemessen). Nach Bryden (1978, 143) fehlen klare Daten, die einen solchen Zusammenhang belegen.

9.3.2. Verbesserte interhemisphärische Integration durch Ausdifferenzierung der Hemisphären ...

Nur gerade die Wechselwirkung zwischen Gesichtsfeldbedingung und Ausprägung des kognitiven Stils (Tabelle 17) erwies sich als signifikant. Dieser Effekt wurde durch den Leistungsunterschied zwischen der Gruppe mit ausgeprägtem kognitivem Stil und der Gruppe ohne ausgeprägten kognitiven Stil innerhalb der bilateralen Bedingung EVF-BH verursacht. Wenn interhemisphärische Integra-

tion der Stimulusteile erforderlich war, schnitten die Versuchspersonen mit ausgeprägtem kognitiven Stil signifikant besser ab. Wir betrachten zur Erklärung dieses Resultates zwei Interpretationsmöglichkeiten.

Eher traditionellen Gesichtspunkten folgend, könnte man annehmen, dass die Präsenz eines ausgeprägten kognitiven Stils mit der hohen Spezialisierung der einen Hemisphäre verbunden ist. (Wir wollen im Moment davon absehen, dass im vorhergehenden Kapitel diese Möglichkeit eher verneint wurde.) Daraus würde folgen, dass die hohe Spezialisierung der einen Hemisphäre für die interhemisphärische Integration von Informationen wichtiger ist als die relativ geringe Spezialisierung der anderen Hemisphäre. Das heisst, für die interhemisphärische Integration von verschieden kodierbarem Material wäre die Präsenz von genau einem zuverlässigen Operator von entscheidender Bedeutung, in Form eines relativ hoch entwickelten kognitiven Stils, ohne Konkurrenz mit einem anderen, ebenfalls relativ hoch entwickelten kognitiven Stil. Umgekehrt waren Versuchspersonen mit funktionell weniger spezialisierten Hemisphären bei dieser Aufgabe benachteiligt, ebenso wie Versuchspersonen mit Hemisphären von nahezu gleicher (möglicherweise hoch entwickelter und spezialisierter) Leistungsfähigkeit in der je eigenen Funktion. Im ersten Fall wären die Versuchspersonen wegen einer weniger zuverlässigen Kodierung benachteiligt, infolge eines weniger elaborierten kognitiven Stils. Im zweiten Fall ergäbe sich eine Benachteiligung durch die Konkurrenz zweier relativ hoch entwickelter Hemisphären, was eine Interferenz bei der Integration der Stimulusteile hervorrufen könnte, wenn jede Hemisphäre in ihrem spezialisierten Modus arbeitet.

Aufgrund dieser Sichtweise würde interhemisphärische Integration also dann am besten funktionieren, wenn eine Hemisphäre nur wenig spezialisiert ist, sie auf einen eigenen aktiven Beitrag in der Informationsverarbeitung

verzichtet und nur untergeordnete Funktionen übernimmt, wie beispielsweise den Transfer von Informationen zur aktuell verarbeitenden und aktuell "dominanten" Hemisphäre. Diese Interpretation betont die Ausdifferenzierung der Hemisphären. Sie scheint weniger wahrscheinlich als die folgende Interpretation, die eine interhemisphärische Ähnlichkeit beinhaltet.

9.3.3. ... oder eher durch Ähnlichkeit der Hemisphären

Gegenläufig zur ersten Interpretationsmöglichkeit kann man genausogut davon ausgehen, dass ein ausgeprägter (verbaler oder figural-räumlicher) kognitiver Stil mit einer relativ hohen Leistungsfähigkeit der jeweils nicht-dominanten Hemisphäre im verbalen oder figural-räumlichen Bereich gekoppelt ist. Mit anderen Worten: Die Disposition zu einem ausgeprägt verbalen Stil mag zwar von der LH abhängig sein, ist aber zugleich mit einer relativ hohen Kapazität der RH für verbale Prozesse verbunden. Umgekehrt ist auch die Disposition zu einem ausgeprägt figural-räumlichen Stil nicht einfach von der RH abhängig, sondern ist ebenso im Zusammenhang mit einer relativ hohen Kapazität der LH für figural-räumliche Verarbeitungsprozesse. Mit einer wesentlichen Beteiligung der jeweils "untergeordneten" Hemisphäre am Informationsverarbeitungsprozess selbst (also nicht lediglich durch Informationstransfer) müssen freilich Gesichtsfeldasymmetrien sich vermindern oder gar ganz verschwinden, unabhängig von der Art des kognitiven Stils. Das Fehlen von Gesichtsfeldasymmetrien und der Vergleich der Gruppen mit verbalem gegenüber figural-räumlichem Stil unterstützen diese Sichtweise. Es scheint einleuchtend, dass eine Vorverarbeitung des Stimulus durch die "untergeordnete" Hemisphäre die interhemisphärische Integrationsleistung verbessert: Der Vorgang der Integration wird sicher er-

leichtert, wenn beide Stimulusteile im gleichen Modus - entweder beide verbal oder beide figural-räumlich - vorverarbeitet sind (siehe aber Kapitel 11, besonders Abschnitt 11.4.4).

Die Annahme eines Zusammenhangs zwischen der Art eines ausgeprägten (verbalen oder figural-räumlichen) kognitiven Stils und einer relativ hohen (verbalen oder figural-räumlichen) Verarbeitungskapazität der jeweils nicht-spezialisierten (rechten oder linken) Hemisphäre wird durch Resultate mit anderweitig spezialisierten Versuchspersonengruppen gestützt. Nichtmusiker zeigen im allgemeinen einen Rechts-Ohr-Effekt für musikalische Aufgabenstellungen, Musiker jedoch nicht (Morais, Peretz, Gudanski & Guiard, 1982). Diese Beobachtung muss auf einer Art von Lerneffekt beruhen, hervorgerufen durch die relativ grosse Übung und Erfahrung der Musiker mit Musik. Wenn wir annehmen, ein ausgeprägter kognitiver Stil korreliere hoch mit relativ grosser Übung und Erfahrung im betreffenden Funktionsbereich, dann müsste in ähnlicher Weise ein Lerneffekt zu beobachten sein, welcher die Leistung in diesem Funktionsbereich erhöht. Weil die entsprechende "dominante" Hemisphäre ohnehin schon hoch spezialisiert ist, betrifft ein solcher Lerneffekt hauptsächlich die "untergeordnete" Hemisphäre, d.h. die RH für verbale und die LH für figural-räumliche Funktionen (und die LH für Musik, bei den Musikern von *Morais et al.*, 1982). Für dergestalt spezialisierte Versuchspersonen sind Aufgaben in den entsprechenden Funktionsbereichen relativ leicht zu lösen. Das führt zu einer Ausdehnung der Sichtweise von *Moscovitch* (1979), wonach Hemisphärenasymmetrie erst ab einem gewissen Schwierigkeitsgrad der Aufgaben auftritt, und der Sichtweise von *Miller* (1982), die einen Zusammenhang zwischen Aufgabenschwierigkeit und Lateralisierungsgrad annimmt: Nicht nur Aufgabencharakteristika sind entscheidend, ob eine Asymmetrie auftritt oder nicht. Übung und Erfahrung

der bearbeitenden Versuchsperson haben einen moderierenden Einfluss in der Art, dass eine Asymmetrie für bestimmte Aufgaben umso später, erst bei einem höheren Schwierigkeitsgrad auftritt, je grösser Übung und Erfahrung der Versuchsperson im entsprechenden Funktionsbereich sind.

10. EXKURS

In diesem Kapitel soll für sich abgeschlossen von einigen weiteren erwähnenswerten Resultaten berichtet werden, die sich jedoch nicht direkt auf das Thema interhemisphärische Integration beziehen. Es sind dies Resultate, die sich eher beiläufig aus den statistischen Analysen ergeben haben. Da es sich um Aspekte ausserhalb der zentralen Thematik handelt, befreissige ich mich einer möglichst knappen Darstellung. In der abschliessenden Diskussion (Kapitel 11) wird auf diese Resultate nicht mehr eingegangen.

10.1. DER EINFLUSS VON AUGENBEWEGUNGEN

Horizontale Augenbewegungen (lateral eye movements) wurden in der Neuropsychologie meist mit Hemisphärenasymmetrie oder mit bestimmten kognitiven Vorgängen, die ihrerseits auf Hemisphärenasymmetrie beruhen, zu korrelieren versucht (Kinsbourne, 1974c; Griffiths & Woodman, 1985; Wilbur & Roberts-Wilbur, 1985). Gelegentlich wurden auch ganz unverfroren horizontale Augenbewegungen als valider Index für das Ausmass der Beteiligung der Hemisphären an Denkprozessen in experimentellen Designs eingesetzt (Bruce, Herman & Stern, 1982; Parrott, 1984). Einige vorsichtigere Autoren stellten bei der Beurteilung von horizontalen Augenbewegungsmustern eher Persönlichkeitsmerkmale in den Vordergrund (Rosenberg, Dye, Harrison, Manning & Kazar, 1982; Domangue, 1984; Hatta, 1984).

Nur gerade Jones und Santi (1978) untersuchten horizontale Augenbewegungen als methodischen Störfaktor in tachistoskopischen Experimenten. Sie verglichen die

Wahrnehmungsleistung, wenn einerseits eine zentrale Fixation verlangt wurde und andererseits die Versuchspersonen die Augen frei bewegen durften. Eine Wahrnehmungsasymmetrie, nämlich eine Überlegenheit des rechten Gesichtsfeldes (RVF), kam nur in der letztgenannten Gruppe ohne verlangte Fixation zustande. Die Augenbewegungen wurden mittels Elektroden, die bei den temporalen Augenwinkeln angebracht waren, kontrolliert. Es wurden in der Bedingung mit Fixation bei höchstens zwei Prozent der Expositionen horizontale Augenbewegungen registriert, wobei die Autoren keine Angaben bezüglich der Grösse des Ausschlages dieser Bewegungen machten.

10.1.1. Resultate

Wir versuchten also, dem Einfluss von horizontalen Augenbewegungen (bzw. Fixationsungenauigkeiten) auf die Wahrnehmungsasymmetrie auf die Spur zu kommen. Im Vorexperiment wurden die Augenpositionen am Ende der Expositionszeit abgespeichert. Die Messwerte des linken und des rechten Auges wurden getrennt berücksichtigt, aber nur bei den Items ohne vorzeitigen Expositionsabbruch, also bei relativ guter Fixation. Die Augenmesswerte repräsentierten also eher Fixationsungenauigkeiten als eigentliche Augenbewegungen. Die Messwerte des linken Auges lagen bei Ende der Exposition häufiger im Bereich 1.0° bis 2.0° rechts des Fixationspunktes (144 mal) als im Bereich 1.0° bis 2.0° links des Fixationspunktes (92 mal; siehe Kapitel 4.3). Dementsprechend erfolgte die Klassifikation der Versuchspersonen: Die acht Versuchspersonen, die mit dem linken Auge häufiger in den rechten als in den linken Bereich zwischen 1.0° und 2.0° blickten, bildeten die Gruppe mit Blicktendenz nach rechts. Die anderen acht Versuchspersonen, welche mit dem linken Auge ausgeglichen oder eher nach links schauten, dienten als Vergleichsgruppe. Eine

zweifaktorielle Varianzanalyse über den gesamten Datensatz mit dem abhängigen Faktor Gesichtsfeld (LVF, RVF) und dem unabhängigen Faktor Blicktendenz des linken Auges (nach rechts vs. ausgeglichen oder nach links) ergab signifikante Haupteffekte ($F_{1,13} = 4.48$, $p < .05$ für Gesichtsfeld; $F_{1,7} = 11.85$, $p < .01$ für Blicktendenz des linken Auges), aber keine signifikante Wechselwirkung ($F_{1,13} = 1.50$, $p = .23$). Tabelle 14.1.4 des Anhangs zeigt, dass die Leistungen im RVF, bzw. bei Blicktendenz nach rechts besser waren. Eine genau analoge Varianzanalyse bezüglich der Blicktendenz des rechten Auges ergab keine signifikanten Effekte ($F_{1,13} = 3.40$, $p = .08$ für Gesichtsfeld; $F_{1,7} = 3.40$, $p = .08$ für Blicktendenz des rechten Auges; $F_{1,13} < 1.00$ für die Wechselwirkung). Siehe hierzu Tabelle 14.1.5 des Anhangs.

Bei allen übrigen Experimenten wurden die Augenmesswerte jeweils schon während der Exposition, im Abstand von 40 ms, abgespeichert. Die Klassifikation der Versuchspersonen erfolgte bei allen nachfolgenden Auswertungen aufgrund der Messwerte beider Augen und nur bezüglich der unilateralen Stimuli.

Im ersten Experiment mit verbalem Material wurden die acht Versuchspersonen, die sowohl während den LVF-RH-Expositionen als auch während den RVF-LH-Expositionen häufigere Messwerte über 1.0° links des Fixationspunktes als Messwerte über 1.0° rechts aufwiesen, als Versuchspersonen mit Blicktendenz nach links klassifiziert. Nach dem selben Kriterium, aber in umgekehrter Richtung, wurden die Versuchspersonen mit Blicktendenz nach rechts herausgesucht. Elf Versuchspersonen erfüllten dieses Kriterium. Bei den übrigen Versuchspersonen, die in dieser Analyse unberücksichtigt blieben, waren die Augenmesswerte bei LVF-RH- und/oder bei RVF-LH-Expositionen innerhalb von 1.0° links und rechts des Fixationspunktes oder sie zeigten bei LVF-RH- und RVF-LH-Items ein widersprüchliches Blickverhal-

ten. Die Variable Blickverhalten umfasste bei einer derartigen Klassifikation sowohl minime Fixationsungenauigkeiten als auch grössere Sakkaden über 2.0° hinaus. Eine zweifaktorielle Varianzanalyse mit dem abhängigen Faktor Gesichtsfeld (LVF-RH, RVF-LH) und dem unabhängigen Faktor Blicktendenz (nach links, nach rechts) ergab keine signifikanten Effekte ($F_{1,17} = 1.05$, $p = .32$ für Gesichtsfeld; $F_{1,17} < 1.00$ für Blicktendenz; $F_{1,17} < 1.00$ für die Wechselwirkung). Siehe Tabelle 14.1.6 des Anhangs. Die Versuchspersonen des zweiten Experimentes mit verbalem Material (sequentielle Darbietung) wurden nach genau der selben Methode klassifiziert. Demnach wiesen sechs Versuchspersonen eine Blicktendenz nach links, vier Versuchspersonen eine Blicktendenz nach rechts auf. Die analoge Varianzanalyse erbrachte einen signifikanten Haupteffekt für den Faktor Gesichtsfeld ($F_{1,8} = 13.29$, $p < .01$), sonst aber keine signifikanten Resultate ($F_{1,8} < 1.00$ für Blicktendenz; $F_{1,8} = 1.60$, $p = .24$ für die Wechselwirkung). Siehe im Anhang Tabelle 14.1.7.

Im Experiment mit bildhaft-verbalem Material erfolgten die Analysen getrennt für ausgeschriebene und bildhafte Darstellungsart. Es wurden nur wenige Augenbewegungen beobachtet. Die Klassifikation der Versuchspersonen geschah nach dem Kriterium, ob während allen unilateralen Expositionen häufigere Messwerte über 0.75° links als über 0.75° rechts des Fixationspunktes registriert wurden (und umgekehrt). Bei ausgeschriebener Darstellungsart zeigten zwei Versuchspersonen eine Blicktendenz nach links, sieben eine Blicktendenz nach rechts. Die Varianzanalyse zeigte keine signifikanten Effekte ($F_{1,7} = 5.22$, $p = .06$ für Gesichtsfeld; $F_{1,7} < 1.00$ für Blicktendenz; $F_{1,7} = 3.19$, $p = .12$ für die Wechselwirkung; Tabelle 14.1.8 des Anhangs). Bei bildhafter Darstellungsart blickten vier Versuchspersonen mehr nach links und vier Versuchspersonen mehr nach rechts. Die entsprechende Varianzanalyse zeigte

keine signifikanten Haupteffekte ($F_{1,4} = 3.86$, $p = .10$ für Gesichtsfeld; $F_{1,4} = 1.12$, $p = .33$ für Blicktendenz), hingegen eine signifikante Wechselwirkung ($F_{1,4} = 21.00$, $p < .01$). Siehe Tabelle 14.1.9 des Anhangs.

In den Experimenten mit figural-räumlichem Material erfolgte die Klassifikation nach den selben Kriterien, wie in den Experimenten mit verbalem Material. Im Hauptexperiment wurden Augenmesswerte ausserhalb von 1.0° , im Kontrollexperiment ausserhalb von 0.75° als Augenbewegungen oder Fixationsungenauigkeiten aufgefasst (= jeweils die Hälfte des "erlaubten" Bereiches, in welchem Augenbewegungen nicht zu einem Expositionsabbruch führten). Im Hauptexperiment waren sechs Versuchspersonen mit Blicktendenz nach links und zehn Versuchspersonen mit Blicktendenz nach rechts zu identifizieren. Die zweifaktorielle Varianzanalyse bezüglich der absoluten Fehlerwerte ergab einen signifikanten Haupteffekt für den Faktor Gesichtsfeld ($F_{1,14} = 7.81$, $p < .05$), aber keine signifikanten Effekte für den Faktor Blicktendenz ($F_{1,14} < 1.00$) und die Wechselwirkung ($F_{1,14} < 1.00$; Tabelle 14.1.10 des Anhangs). Das Kontrollexperiment enthielt sechs Versuchspersonen mit Blicktendenz nach links und drei mit Blicktendenz nach rechts. Die Varianzanalyse zeigte keine signifikanten Effekte ($F_{1,7} < 1.00$ für Gesichtsfeld; $F_{1,7} < 1.00$ für Blicktendenz; $F_{1,7} = 3.91$, $p = .09$ für die Wechselwirkung; Anhang Tabelle 14.1.11).

Im Experiment mit verschieden kodierbarem Material geschah die Klassifikation wiederum gleichartig wie im ersten Experiment mit verbalem Material. Es waren acht Versuchspersonen mit Blicktendenz nach links und sieben mit Blicktendenz nach rechts zu finden. Die Varianzanalyse erbrachte einen signifikanten Haupteffekt für den Faktor Gesichtsfeld ($F_{1,13} = 6.05$, $p < .05$), nicht aber für den Faktor Blicktendenz ($F_{1,13} = 3.55$, $p = .08$), auch die Wech-

selwirkung war nicht signifikant ($F_{1,13} = 2.75$, $p = .12$; Anhang Tabelle 14.1.12).

10.1.2. Diskussion

Gesamthaft gesehen zeigten sich keine Hinweise auf einen signifikanten Einfluss von horizontalen Augenbewegungen oder Fixationsungenauigkeiten auf die Wahrnehmungsasymmetrie. Die signifikanten Haupteffekte für den Faktor Gesichtsfeld im Vorexperiment, im zweiten Experiment mit verbalem Material und im Hauptexperiment mit figural-räumlichem Material (Tabellen 14.1.4, 14.1.7 und 14.1.10) replizieren nur die bereits bekannten Haupteffekte der Analysen mit den Gesamtstichproben (Kapitel 5, 6 und 8). Einzig beim Experiment mit verschieden kodierbarem Material trat nun neu ein signifikanter Haupteffekt für den Faktor Gesichtsfeld auf. Die total 15 Versuchspersonen mit einem aktiveren Blickverhalten (Tabelle 14.1.12) zeigten eine signifikante RVF-Überlegenheit, während die Gesamtstichprobe (Kapitel 9) keinen signifikanten Unterschied zwischen den Gesichtsfeldern aufwies. Es ist dies ein ähnliches Resultat wie bei Jones und Santi (1978), welche nur dann eine Gesichtsfeldüberlegenheit erzielten, wenn die Versuchspersonen die Augen frei bewegen durften, nicht aber, wenn eine zentrale Fixation verlangt wurde. Jones und Santi (1978) verwendeten aber verbales Material (Buchstaben). Aus ihren Daten geht auch nicht hervor, ob ohne verlangte Fixation die Versuchspersonen auch tatsächlich ein aktiveres Blickverhalten aufwiesen. Umgekehrt verschwand im Experiment mit bildhaft-verbalem Material der signifikante Gesichtsfeldunterschied in der ausgeschriebenen Darstellungsart (Kapitel 7) bei der Analyse der Versuchspersonen mit grösserer Augenmotilität (Tabelle 14.1.8), was durch die sehr starke Verkleinerung der Stichprobe bedingt sein kann.

Der einzige signifikante Haupteffekt für den Faktor Blicktendenz war im Vorexperiment zu beobachten (Tabelle 14.1.4). Aufgrund dieses Haupteffektes sieht es so aus, als hätten die Versuchspersonen mit Blicktendenz nach rechts (bezüglich des linken Auges) sich einen Wahrnehmungsvorteil eingehandelt, selbst bei Expositionen im LVF. Eine glaubhafte Erklärung hierfür zu finden, ist ausserhalb der Reichweite dieses Exkurses.

Ebenso scheint die signifikante Wechselwirkung bei bildhafter Darstellungsart im Experiment mit bildhaft-verbalem Material (Tabelle 14.1.9) kaum interpretierbar. Die Konfiguration der Mittelwerte ist gerade umgekehrt als erwartet, die Versuchspersonen mit Blicktendenz nach links zeigen in der Bedingung RVF-LH die bessere Leistung als in der Bedingung LVF-RH und die Versuchspersonen mit Blicktendenz nach rechts die bessere Leistung in Bedingung LVF-RH als in Bedingung RVF-LH. Da keine sinnvolle Erklärung dieser Resultate möglich scheint, wurde auf a-posteriori-Vergleiche verzichtet.

Erst jenseits der statistischen Signifikanzschranken zeigen sich sehr diskrete Hinweise auf einen nachvollziehbaren Einfluss horizontaler Augenbewegungen oder Fixationsungenauigkeiten auf die Wahrnehmungsasymmetrie. Im Vorexperiment wiesen die Versuchspersonen mit Blicktendenz nach rechts (bezüglich des linken Auges) eine deutlichere Wahrnehmungsasymmetrie zugunsten des RVF auf als Versuchspersonen mit ausgeglichenerem oder eher linksorientiertem Blickverhalten (Tabelle 14.1.4). Bei Blicktendenz nach rechts war auch im ersten Experiment mit verbalem Material ein deutlicherer RVF-Vorteil zu beobachten als bei Blicktendenz nach links (Tabelle 14.1.6). Im zweiten Experiment mit verbalem Material (Tabelle 14.1.7) verringerte die Blicktendenz nach rechts die Leistung in Bedingung LVF-RH, erhöhte sie aber in Bedingung RVF-LH beträchtlich, verglichen mit umgekehrter Blicktendenz. Das-

selbe ist in analoger Weise vom Hauptexperiment mit figurall-räumlichem Material zu bemerken (Tabelle 14.1.10): Bei Blicktendenz nach links erhöhte sich die Leistung in der LVF-RH-Bedingung, verringerte sich aber in der RVF-LH-Bedingung, verglichen mit umgekehrter Blicktendenz. Schliesslich zeigte sich auch im Experiment mit verschieden kodierbarem Material ein deutlicheres Gefälle zugunsten der RVF-LH-Bedingung bei Blicktendenz nach rechts (Tabelle 14.1.12).

Schlussfolgernd ist vorerst anzumerken, dass die beobachteten Wahrnehmungsasymmetrien der jeweiligen Gesamtstichproben also nicht einfach durch das Blickverhalten der Versuchspersonen bedingt waren. Ein gewisser Einfluss von horizontalen Augenbewegungen und Fixationsungenauigkeiten auf die Wahrnehmungsasymmetrie kann zwar nicht ausgeschlossen, konnte aber auch nicht mit Sicherheit nachgewiesen werden. Um eindeutige Resultate zu erhalten, müsste wohl noch gezielter in dieser Richtung untersucht werden. Das würde bedeuten, dass Klassifikationen eher auf Item- als auf Versuchspersonenebene vorgenommen und so problematisch kleine Samples wie die vorliegenden vermieden werden müssten.

10.2. "QUADRANTENEFFEKTE"

Im zweiten Experiment mit verbalem Material mit sequentieller Darbietung der zwei Adjektive (Kapitel 6) wurde darauf geachtet, dass nicht nur die bilateralen Stimuli bezüglich der zwei verschiedenen diagonalen Anordnungen ausbalanciert waren, sondern dass auch innerhalb der unilateralen Bedingungen der Gebrauch des oberen und unteren Quadranten als Ort des zuerst projizierten Adjektives ausgeglichen war. Alle vier Bedingungen waren also nochmals

aufteilbar: In der bilateralen Bedingung EVF-BH-L wurde das erste Adjektiv ins LVF projiziert, fünfmal in den oberen und fünfmal in den unteren Quadranten, in der bilateralen Bedingung EVF-BH-R gelangte das zuerst dargebotene Adjektiv ins RVF, fünfmal in den oberen und fünfmal in den unteren Quadranten. In den beiden unilateralen Bedingungen LVF-RH und RVF-LH wurden je fünfmal der obere bzw. untere Quadrant zur Präsentation des ersten Adjektives benutzt.

10.2.1. Resultate

Die erwähnte Aufteilbarkeit der vier Versuchsbedingungen wurde varianzanalytisch berücksichtigt. Eine zweifaktorielle Varianzanalyse mit den abhängigen Faktoren Gesichtsfeldbedingung (EVF-BH-L, EVF-BH-R, LVF-RH, RVF-LH) und Quadrant des zuerst projizierten Adjektivs (oben, unten) erbrachte einen signifikanten Haupteffekt für den Faktor Gesichtsfeldbedingung ($F_{3,93} = 18.98$, $p < .0001$), aber keinen signifikanten Haupteffekt für den Faktor Quadrant ($F_{1,31} < 1.00$). Die Wechselwirkung war signifikant ($F_{3,93} = 3.35$, $p < .05$). Siehe Tabelle 14.1.13 des Anhangs. Die paarweisen a-posteriori-Vergleiche (nach Newman-Keuls, in Winer, 1971) zeigten die folgenden signifikanten Unterschiede: Wenn oberer Quadrant zuerst stimuliert: Zwischen EVF-BH-L und LVF-RH ($p < .05$), zwischen EVF-BH-R und LVF-RH ($p < .01$) und zwischen LVF-RH und RVF-LH ($p < .01$). Wenn unterer Quadrant zuerst stimuliert: EVF-BH-L gegenüber EVF-BH-R und RVF-LH (beide $p < .01$), zwischen EVF-BH-R und LVF-RH ($p < .01$) und zwischen LVF-RH und RVF-LH ($p < .01$). Die übrigen paarweisen Vergleiche, namentlich die Unterschiede zwischen den beiden Quadrantenbedingungen innerhalb der vier Gesichtsfeldbedingungen, waren nicht signifikant (alle $p > .05$).

Im ersten Experiment mit verbalem Material und simultaner Darbietung der zwei Adjektive wurden die bilateralen Items ebenfalls aufgeteilt. Bei den fünf Stimuli, in welchen der linke obere und rechte untere Quadrant benutzt wurden, war die Durchschnittsleistung $\bar{M} = 2.97$ ($SD = 1.09$). Bei den fünf Stimuli mit der anderen diagonalen Anordnung (links unten und rechts oben) war $\bar{M} = 3.09$ ($SD = 1.28$). Die beiden Mittelwerte unterschieden sich nicht signifikant voneinander ($t_{11} = 0.57$, $p > .05$).

10.2.2. Diskussion

Der signifikante Haupteffekt bezüglich des Faktors Gesichtsfeldbedingung wurde schon in Kapitel 6 angeführt und diskutiert. Der nicht signifikante Haupteffekt für den Faktor Quadrant besagt, dass keine einheitliche Wirkung davon ausgeht, ob der obere oder untere Quadrant zur Darbietung des ersten Adjektives benutzt wurde. Die signifikante Wechselwirkung weist aber auf eine interaktive Beziehung zwischen den beiden Faktoren hin. Betrachtet man die Mittelwerte, fällt folgendes auf: Immer dann, wenn das LVF zuerst stimuliert wurde (Bedingungen EVF-BH-L und LVF-RH), war die Leistung besser, wenn der obere Quadrant für die Darbietung des ersten Adjektives benutzt wurde, als wenn im unteren Quadranten das erste Adjektiv gezeigt wurde. Wenn aber das RVF zuerst stimuliert wurde (Bedingungen EVF-BH-R und RVF-LH), war die Leistung besser, wenn der untere Quadrant zur Darbietung des ersten Wortes diente, verglichen mit dem oberen Quadranten. Es scheint also, als wäre es bei sequentieller Stimulation ein Vorteil, wenn der linke obere oder rechte untere Quadrant für die erste Stimulation benutzt wird, als ob zu Beginn der Stimulation die Aufmerksamkeit vor allem auf diese beiden Quadranten gerichtet wäre. Die fehlende Bestätigung durch die a-posteriori-Vergleiche degradiert aber diese In-

terpretation zur Spekulation. Auch eine entsprechende Aufteilung bei simultaner Darbietung der Adjektive zeigte keine signifikante Leistungsverbesserung bei Benutzung des linken oberen und rechten unteren Quadranten gegenüber den anderen beiden Quadranten.

11. RÜCKBEZÜGE, SYNTHESE, SCHLUSSFOLGERUNGEN

In diesem Kapitel werden die vorhandenen Resultate betreffend interhemisphärischer Integration, aus Literatur und eigenen Experimenten, kurz rekapituliert und auf bestehende Modellvorstellungen übertragen. Indem die Resultate in einen theoretischen Rahmen gefasst werden, ergibt sich gleichsam eine Evaluation der bestehenden Sichtweisen. Es wird auch versucht, aus der Synthese der Resultate den Vorgang der interhemisphärischen Integration möglichst explizit fassbar zu machen. Häufig werden Verweise auf Vorangegangenes notwendig sein, insbesondere auf Kapitel 3, was Literatur und theoretische Grundlagen betrifft, sowie auf die Kapitel 6 bis 9 bezüglich unserer eigenen Resultate. Der Inhalt dieser Kapitel wird im wesentlichen als bekannt vorausgesetzt.

11.1. REKAPITULATION DER BESTEHENDEN DATEN

Bei den Experimenten mit verbalem Material und simultaner Darbietung der Stimulusteile resultierte in den weitaus meisten Fällen eine signifikante Überlegenheit der bilateralen Bedingung EVF-BH (each visual field - both hemispheres) gegenüber den beiden unilateralen Bedingungen LVF-RH (left visual field - right hemisphere) und RVF-LH (right visual field - left hemisphere). Bei Davis und Schmit (1971, 1973), Dimond und Beaumont (1971), Hardyck et al. (1978), Hartje et al. (1984) und in unserem ersten Experiment mit verbalem Material (Kapitel 6) zeigte sich dieses geradezu prototypische Resultat. Im Experiment mit bildhaft-verbalem Material (Kapitel 7) besteht eine gewisse Unklarheit, welche der bilateralen Bedingungen besser mit

den unilateralen Bedingungen vergleichbar ist. Nimmt man die gewohnte Anordnung der Komposita in den bilateralen Bedingungen als Vergleichsbasis, sind die Leistungen in den bilateralen Bedingungen in ausgeschriebener und bildhafter Darstellungsart signifikant besser als in den unilateralen Bedingungen. Nimmt man die ungewohnte bilaterale Anordnung als Vergleichsbasis, sind die Leistungen aber nur tendenzweise besser. Einzig die Resultate von Liederman et al. (1985) entsprechen nicht der erwähnten prototypischen Konfiguration.

Bei der simultanen Darbietung von figural-räumlichem Material zeichnete sich bei Dimond und Beaumont (1972) die selbe Tendenz ab wie in den Experimenten mit verbalem Material: Im ersten Experiment erzielten sie eine nicht-signifikante, im zweiten Experiment eine signifikante Überlegenheit der bilateralen Bedingung EVF-BH. Auch in unserem Experiment mit verschieden kodierbarem, aber eigentlich figural-raumlichem Material (Kapitel 9) war gesamthaft keine signifikante Überlegenheit der bilateralen Bedingung nachzuweisen, höchstens in einer Untergruppe und nur tendenziell. Möglicherweise verwischte ein ceiling effect signifikante Unterschiede zwischen den Bedingungen.

In deutlichem Kontrast zu Dimond und Beaumont (1972) und dem Experiment mit verschieden kodierbarem Material erzielten wir im Hauptexperiment mit figural-räumlichem Material mit simultaner Darbietung (Kapitel 8) eine Überlegenheit der Bedingung LVF-RH, die bilaterale Bedingung EVF-BH erbrachte signifikant schlechtere Leistungen, die etwa auf dem Niveau der Leistungen der schlechteren unilateralen Bedingung RVF-LH lagen. Die weniger eindeutigen und unsichereren Resultate des Kontrollexperimentes bestätigten immerhin, dass in der bilateralen Bedingung gegenüber den unilateralen Bedingungen kein grundsätzlicher Wahrnehmungsvorteil vorlag.

Die Variation der Resultate bei diesen Experimenten mit simultaner Darbietung der Stimulusteile ist nicht einfach durch die Variation "beeinflussender Variablen" (Kapitel 2.3.2) zu erklären. In den Studien aus der Literatur sind keine entsprechenden Regelmässigkeiten zu erkennen und in den vorliegenden Experimenten wurde darauf geachtet, dass die entsprechenden Variablen möglichst konstant gehalten wurden (Expositionszeit meist 160 ms, gleiche Exzentrizität, möglichst ähnliche Aufgabenstellung). Es ist naheliegend, dass ein grosser Teil der Variation der Resultate materialbedingt ist (siehe folgendes Kapitel).

Nur noch ganz kurz zu den Experimenten mit sequentieller Darbietung der Stimulusteile: Die Sequenzierung des Inputs scheint die Konfiguration der Leistungen in den drei Bedingungen entscheidend zu verändern. Möglicherweise unabhängig von der Art des Materials (nur gerade Beaumont & Dimond, 1975, verwendeten figural-räumliches Material) ergaben sich in allen drei vergleichbaren Studien die besten Resultate bei unilateraler Stimulation, dem Material entsprechend eine RVF-Überlegenheit bei Fogliani et al. (1985) und im zweiten Experiment mit verbalem Material (Kapitel 6), eine LVF-Überlegenheit bei Beaumont und Dimond (1975). Bei bilateraler Stimulation wurden nur die "zweitbesten" Resultate erzielt und die schlechtesten bei unilateraler Stimulation der nicht-spezialisierten Hemisphäre. Die Studie von Dimond et al. (1972) ist wegen des grossen Interstimulus-Intervalls nicht vergleichbar.

11.2. MATERIALEIGENSCHAFTEN KORRELIEREN MIT RESULTATEN

Bezüglich der Experimente mit simultaner Darbietung der Stimulusteile wurde gegen Ende des vorangegangenen Kapitels ein Einfluss des dargebotenen Materials auf die

Konfiguration der Resultate der drei Grundbedingungen unterstellt. Das ruft nach näherer Erläuterung.

Wir können die Experimente mit simultaner Reizdarbietung anhand des Stimulusmaterials grundsätzlich in drei Gruppen einteilen: Experimente mit verbalem Material, Experimente mit leicht verbalisierbarem figural-räumlichem Material und Experimente mit kaum verbalisierbarem figural-räumlichem Material. Vom verbalen Material ist bekannt, dass es unter gewissen Bedingungen vollständig in einem figural-räumlichen (rechtshemisphärischen) Modus verarbeitet werden kann, z.B. dann, wenn die Aufgabenstellung so gewählt ist, dass ein figural-raumlicher (holistischer, Gestalt-) Vergleich von Buchstaben oder Wörtern genügt, um zum richtigen Resultat zu gelangen. Gibson et al. (1972, siehe Kapitel 2.3.1) lieferten hierfür mit einer Wortvergleichs-Aufgabe ein klassisches Beispiel. Deshalb wird übrigens auch relativ häufig das sogenannte Posner Paradigma angewendet (z.B. von Davis & Schmit, 1973; Sergent, 1983a; Hartje et al., 1984): Bei Buchstabenvergleichen kann mit der Verwendung von Gross- und Kleinbuchstaben sichergestellt werden, dass zur Identifikation von gleichlautenden Buchstaben rein figural-räumliche Verarbeitungsprozesse nicht genügen und mindestens grundlegende verbale Verarbeitungsprozesse notwendig sind. Aus diesem Umstand schliessen wir vorerst einmal, dass tachistoskopisch dargebotenes verbales Material - wie wahrscheinlich alle Reize der visuellen Modalität - grundsätzlich auch einem figural-räumlichen Verarbeitungsmodus zugänglich ist, zumindest in einer relativ frühen Phase der Informationsverarbeitung. Auch wenn in einer späteren Phase der Informationsverarbeitung hauptsächlich verbale Prozesse ablaufen, wie das z.B. bei einem semantischen Wortvergleich notwendigerweise der Fall zu sein scheint, so hat das keinen zwingenden Einfluss auf den Verarbeitungsmodus in einer früheren Phase. Für diese

Gruppe von Experimenten wurde als prototypisches Resultat die signifikante Überlegenheit der bilateralen Bedingung gegenüber den unilateralen Bedingungen festgestellt. Der teilweise fehlende Leistungsunterschied zwischen den beiden unilateralen Bedingungen kann zumindest in unserem Experiment mit intrahemisphärischer Interferenz (siehe Kapitel 6) erklärt werden und drückt nicht unbedingt eine ausgeglichene oder fehlende Hemisphärenspezialisierung für die betreffende Aufgabe aus.

Die zweite Gruppe von Experimenten umfasst diejenige, in welchen leicht verbalisierbares figural-räumliches Material verwendet wurde. In Kapitel 2.3.1 wurde einleitend darauf hingewiesen, dass mit grundsätzlich figural-räumlichem Material häufig eine RVF-Überlegenheit erzielt wurde, wahrscheinlich aufgrund der guten Verbalisierbarkeit (und erfolgten Verbalisierung) der Stimuli. Diesem Umstand Rechnung tragend, verwendeten wir im Titel des Kapitels 9 den Ausdruck "verschieden kodierbares Material". Eine Etikettierung der verwendeten Linien in Form von verbalen Labels wie "horizontal", "aufwärts" oder "oben" war gut möglich. Auch die von Dimond und Beaumont (1972) verwendeten figural-räumlichen Reize waren nicht nur leicht verbalisierbar, sondern auch gut einem analytischen (linkshemisphärischen), auf Einzelmerkmale der Stimuli ausgerichteten Verarbeitungsmodus zugänglich. Eine solche analytische Verarbeitungsweise war für die gestellte Aufgabe, ob zwei Halbkreisfiguren gleich oder ungleich waren, absolut hinreichend. Sowohl in den beiden Experimenten von Dimond und Beaumont (1972) als auch im vorliegenden Experiment mit verschieden kodierbarem Material zeigten sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden unilateralen Bedingungen, was unserer Annahme, das verwendete Material sei sowohl einem rechts- als auch einem linkshemisphärischen Verarbeitungsmodus zugänglich, zumindest nicht widerspricht. Es ist aber kaum möglich, aus drei

Experimenten eine typische, überwiegend vertretene Konfiguration der Resultate herauszulesen. Dimond und Beaumont (1972) erzielten in ihrem zweiten Experiment eine Konfiguration, als wäre verbales Material verwendet worden, nämlich eine signifikante Überlegenheit der EVF-BH-Bedingung, in ihrem ersten Experiment war diese Überlegenheit nicht signifikant - genauso wie in unserem Experiment mit den Linien als Stimuli.

Schliesslich ist aufgrund des verwendeten Stimulusmaterials noch eine dritte Gruppe von Experimenten auszumachen, nämlich die Experimente mit figural-räumlichem Material, für welches eine verbalisierende oder analytische (linkshemisphärische) Verarbeitungsweise unmöglich oder - falls dennoch angewendet - mindestens nicht hilfreich erscheint. Es handelt sich nur gerade um die zwei Experimente, in welchen die Gesamtfläche zweier Kleckse geschätzt werden sollte (Kapitel 8). Die einzelnen Stimulusteile konnten zwar als "gross" oder "klein" oder eventuell auch ihrer Form entsprechend verbalisiert oder klassifiziert werden, was sich für die Schätzung der Gesamtfläche aber kaum als nützlich erweisen konnte. In der Diskussion der Resultate in Kapitel 8 zogen wir sogar eine kontraproduktive Auswirkung einer solchen linkshemisphärischen Verarbeitungsweise in Betracht. Auch eine auf Einzelmerkmale ausgerichtete analytische Vorgehensweise konnte zur Lösung der Aufgabe nichts beitragen, es ist ein gesamthaftes (holistisches) Abschätzen der schwarzen Flächen notwendig, fast im Sinne einer Mengenschätzung. Die erzielte Überlegenheit der LVF-RH-Bedingung im Hauptexperiment bestätigte die dominante Rolle der RH für diese Aufgabe. Überdies ist es das einzige Experiment mit simultaner Darbietung der Stimulusteile, in welchem die Leistungen einer unilateralen Bedingung signifikant besser waren als die Leistungen der bilateralen EVF-BH-Bedingung. Es ist nicht vollends klar, weshalb dieses Resultat im Kontrolllex-

periment nicht repliziert werden konnte (siehe Kapitel 8.5.1).

Wenn wir nun, um ein Fazit zu ziehen, die Sichtweise umkehren und von den Ergebniskonfigurationen ausgehen, können wir folgendes formulieren: Eine signifikante Überlegenheit der bilateralen Bedingung EVF-BH wurde immer nur dann erzielt, wenn relativ "unspezifisches" Material verwendet wurde. Damit ist Material angesprochen, welches zumindest in einer relativ frühen Phase des Informationsverarbeitungsprozesses sowohl einem linkshemisphärischen (verbalen, analytischen) als auch einem rechtshemisphärischen (figural-räumlichen, holistischen) Verarbeitungsmodus zugänglich ist. Gemäss den vorangegangenen Ausführungen betrifft das verbale und verbalisierbares figural-räumliches Material. Umgekehrt wurde eine signifikante Unterlegenheit der EVF-BH-Bedingung gegenüber einer unilateralen Bedingung nur dann erzielt, wenn ganz spezifisches Material verwendet wurde, also Material, welches ausschliesslich in einem Modus verarbeitet werden kann. Damit beziehen wir uns auf das Hauptexperiment mit der Flächenschätzungsaufgabe, welche nur einem figural-räumlichen Verarbeitungsmodus zugänglich zu sein scheint.

11.3. MATERIALSPEZIFITÄT UND HEMISPARENESPEZIALISIERUNG

Es ist nun nur noch ein kleiner Schritt bis zu unserer Annahme, dass die Spezifität des Materials die interhemisphärische Zusammenarbeit beeinflusst. Bei relativ unspezifischem Material können sowohl der linkshemisphärische verbale als auch der rechtshemisphärische figural-räumliche Verarbeitungsmodus zur Stimuluskodierung und -verarbeitung beitragen. Optimale Arbeitsbedingungen entstehen also dann, wenn beide Verarbeitungsmodi unmittelbar angesprochen und

verfügbar sind, d.h. wenn simultan bilateral stimuliert wird. Bei hoch spezifischem Material jedoch, welches nur dem Verarbeitungsmodus einer Hemisphäre zugänglich ist, bringt die zusätzliche Verfügbarkeit des anderen Verarbeitungsmodus durch simultane bilaterale Stimulation keinen Vorteil.

Bevor wir diesen Umstand auf experimentelle Resultate zu übertragen versuchen, müssen wir uns aber noch eine zweite Variation, die relative Spezialisierung der Hemisphären, vergegenwärtigen. Wie schon in Kapitel 6 erwähnt, wissen wir, dass die RH über beträchtliche verbale Kapazitäten verfügt. Wir können annehmen, dass die RH geschriebene Wörter versteht (Patterson & Besner, 1984), ideographische Leseprozesse vollzieht (Zaidel & Peters, 1981) und mit Handlungsaspekten verknüpfte semantische Inhalte verarbeitet (Marcel & Patterson, 1978). Umgekehrt wissen wir zwar von der LH, dass sie figural-räumliche Informationen "auf verbale Art" verarbeitet, soweit das aufgrund der Spezifität des Materials möglich ist, es ist aber unklar, inwieweit die LH über "echte" figural-räumliche Kapazitäten verfügt.

11.4. KOOPERATIVE INTERAKTION DER HEMISPHEREN

Es ist nun notwendig, auch den groben zeitlichen Ablauf zerebraler Informationsverarbeitungsprozesse zu berücksichtigen. Gemäss Moscovitch (1979) müssen wir davon ausgehen, dass in einer sehr frühen Phase der Verarbeitung noch keine Asymmetrie auftritt und die beiden Hemisphären noch gleichartig arbeiten und sich vorerst nur das "sensorische Bild" der projizierten Stimuli aneignen ("early 'sensory' stages of processing", S. 391). Erst in einer zweiten Phase treten dann Asymmetrien auf, indem die

LH die Stimuli in einem verbalen Modus und die RH in einem figural-räumlichen Modus weiterverarbeitet.

11.4.1. Kooperative Interaktion bei verbalem Material

Worin könnte nun aber der Mechanismus einer kooperativen Interaktion zwischen den beiden Hemisphären bestehen? Bei simultaner bilateraler Darbietung verbalen Materials verarbeiten die beiden Hemisphären zunächst je ihren Stimulus noch gleichartig, indem sie sensorische Reize aufnehmen. In der zweiten Phase dann beginnt die LH ihren Stimulus verbal (abstrakt, sprachlogisch) zu verarbeiten. Auch die RH fährt fort, ihren Stimulus zu verarbeiten, nur eben entsprechend ihren Fähigkeiten. Sie setzt ihre etwas anders gearteten Kapazitäten ein. Entweder verarbeitet sie ihren Stimulus im ihr eigenen Modus, "rein" figural-räumlich (holistisch), gleichsam als Bild, da ja das visuelle verbale Material unspezifisch genug und dem figural-räumlichen Modus zugänglich ist, und sie stellt es zu geeignetem Zeitpunkt der LH zur Verfügung. Oder die RH setzt ihre stark ideographisch orientierten verbalen Kapazitäten ein. Ob auf die eine oder andere Art - diese Mitarbeit der RH muss es sein, welche die kooperative Interaktion zwischen den Hemisphären ausmacht und die Leistungen in der bilateralen Bedingung signifikant verbessert. Es ist denkbar und sogar wahrscheinlich, dass über die Kommissuren mehrere Informationstransfers zwischen den Hemisphären ablaufen, möglicherweise in Abhängigkeit davon, in welchem Ausmass die Mitarbeit der RH mit ihren speziellen Kapazitäten zur optimalen Verarbeitung der Stimuli notwendig oder nützlich ist. Durch diesen Austausch von Informationen werden der LH indirekt auch die Kapazitäten der RH dienstbar gemacht, indem eben die RH ihren eigenen Stimulus figural-räumlich oder verbal vorverarbeitet und indem eventuell auch die spezifisch rechtshemisphärischen Kapazitäten di-

rekt für die Verarbeitung des Stimulus der LH zur Verfügung stehen (siehe hierzu aber Kapitel 11.5.1).

11.4.2. Kooperative Interaktion bei leicht verbalisierbarem figural-räumlichem Material

In sehr ähnlicher Weise wie mit verbalem Material funktioniert die Zusammenarbeit der Hemisphären mit simultan und bilateral dargebotenem, leicht verbalisierbarem figural-räumlichem Material. Unabhängig von der Art der visuellen Reize verarbeiten die Hemisphären ihre Stimuli in der sehr frühen Phase der Informationsverarbeitung zunächst noch gleichartig. In der zweiten Phase, in der Asymmetrien auftreten, beginnen die Hemisphären wiederum nach den je eigenen Modi zu arbeiten. Während die RH ihren Stimulus figural-raumlich verarbeitet, wendet die LH ihre verbale oder analytische Arbeitsweise an, indem sie erfolgreich verbalisierende Etiketten oder einen auf Einzelmerkmale ausgerichteten analytischen Modus benutzt. Mit diesen sich ergänzenden Verarbeitungsweisen, die durch häufigen gegenseitigen Informationsaustausch über die Kommissuren kontrolliert und ökonomisch eingesetzt werden können, kommt wiederum eine leistungsverbessernde kooperative Interaktion zwischen den Hemisphären zustande. Wir haben im vorangegangenen Kapitel bei verbalem Material eine Dominanz der LH impliziert, indem die RH – trotz der Gegenseitigkeit des Informationsaustausches – letztlich als Informationslieferanten für die LH dargestellt haben. Bei figural-räumlichem Material können wir nicht mehr unbesehen eine Vorherrschaft der LH annehmen. Welche Hemisphäre schliesslich die Integration der beiden Stimulusteile vollzieht, dürfte bei unspezifischem figural-räumlichem Material stark von der individuellen Verarbeitungsstrategie – vom kognitiven Stil – abhängig sein.

11.4.3. Fehlende kooperative Interaktion bei spezifisch figural-räumlichem Material

Wenn wir schliesslich noch die Informationsverarbeitung von simultan und bilateral dargebotenem, spezifisch figural-räumlichem Material betrachten, so halten wir uns als Materialbeispiel die inzwischen wohlbekannten Kleckse vor Augen, deren Oberflächen zu integrieren waren. Im ersten Verarbeitungsschritt wird natürlich auch dieses Material von beiden Hemisphären gleichartig - "sensorisch" - verarbeitet. Es ist ja aber nicht dieser Mechanismus, der bei den anderen Materialien die kooperative Interaktion ausgemacht hat. Im weiteren Verlauf verarbeitet die RH den ihr projizierten Stimulus in ihrem figural-räumlichen oder holistischen Modus. Zugleich wendet die LH für ihren Stimulus eine verbale oder analytische Arbeitsweise an - nur in diesem Fall erfolglos. Durch die hohe Spezifität dieses figural-räumlichen Materials erweist sich der verbale, analytische Verarbeitungsmodus als nicht hilfreich. Und anscheinend verfügt die LH über nicht genügend figural-raumliche Verarbeitungskapazität, um die rechtshemisphärischen figural-räumlichen Arbeitsvorgänge ergänzend zu unterstützen. Somit muss eine leistungsverbessernde kooperative Interaktion zwischen den Hemisphären ausbleiben. Es ist fraglich, ob unter diesen Umständen ein ebenso intensiver, nur eben unökonomischer, nutzloser Informationsaustausch zwischen den Hemisphären stattfindet oder ob infolge linkshemisphärischen Versagens schon nach wenigen Informationstransfers sich die Kommunikationsintensität zwischen den Hemisphären reduziert. Im Grunde genommen sollte man unserem hochkomplexen System Gehirn ein solch flexibles Verhalten zutrauen können. Falls aber die erste Möglichkeit zutrifft, also gleichsam perseverativ eine automatisierte, gleichbleibende Kommunikationsintensität (oder: Transferfrequenz) aufrechterhalten wird, stellt sich die zusätzliche Frage, welche Konsequenzen aus diesem Umstand für das

Endresultat des gesamten Informationsverarbeitungsprozesses erwachsen konnten. In Kapitel 9 haben wir eine kontraproduktive Aktivität der LH in Betracht gezogen, und wir werden in Kapitel 11.5.2 nochmals darauf zurückkommen.

11.4.4. Simultane und bilaterale Stimulation als notwendige Voraussetzung

Eine leistungsverbessernde kooperative Interaktion zwischen den Hemisphären wurde immer nur bei simultaner Darbietung der bilateral projizierten Stimuli festgestellt, nie aber bei sequentieller bilateraler Darbietung. Um sowohl die links- als auch die rectxhemisphärischen Kapazitäten gleichzeitig verfügbar zu machen, scheint also die simultane Stimulation der Hemisphären notwendig zu sein. Ein leistungsverbessernder Informationsaustausch ist folglich nur dann möglich, wenn sich die beiden Hemisphären in der selben Verarbeitungsphase befinden, sich mit dem selben Problem beschäftigen, gleich weit sind in der Verarbeitung ihrer Stimuli. Nimmt man an, dass der Ablauf des Informationsverarbeitungsprozesses in beiden Hemisphären im wesentlichen identisch strukturiert ist, so lässt sich gleichbedeutend formulieren: Ein nutzbringender interhemisphärischer Informationsaustausch ist nur zwischen gleichzeitig aktivierten Strukturen (oder Mechanismen, Prozessoren, Komponenten) des gleichen Verarbeitungsniveaus möglich. Das vermag allerdings nicht zu klären, ob bei verbalem Material die Mitarbeit der RH in erster Linie in einem eher verbalen oder in einem figural-räumlichen Modus erfolgt. Umgekehrt scheint immerhin wahrscheinlicher, dass die LH bei der Verarbeitung verbalisierbarer figural-räumlicher Stimuli eher einen verbalen, d.h. etikettierenden, kategorisierenden, analytischen Modus anwendet und nicht eine im engeren Sinne figural-räumliche Arbeitsweise. Das würde heißen, dass interhemisphärische Integration ebenso

gut möglich ist, wenn die beiden Hemisphären in verschiedenen Modi arbeiten, wie wenn sie im gleichen Modus arbeiten. Der Output wäre also der gleiche, ob bei verbalem Material die RH ihren Stimulus verbal oder figural-räumlich vorverarbeitet. Diese Überlegungen führen uns zurück zur Diskussion der Resultate unseres Experimentes mit verschiedenen kodierbarem Material (Kapitel 9). Wir nahmen dort an, die gleichartige Vorverarbeitung der Stimulusteile erleichtere die interhemisphärische Integration (Kapitel 9.3.3). Da wir nun aber festgestellt haben, dass die beiden Hemisphären nicht unbedingt im gleichen (verbalen oder figural-räumlichen) Modus arbeiten und dennoch eine leistungsverbessernde kooperative Interaktion sichtbar wird, müsste man jene Interpretation präzisieren: Es ist für interhemisphärische Integration und für das Entstehen von kooperativer Interaktion nicht so wichtig, dass die Stimulusteile gleichartig vorverarbeitet sind, sondern es ist nur wichtig, dass sie, egal in welchem Modus, überhaupt vorverarbeitet sind – was nur bei unserem spezifisch figural-räumlichen Material nicht der Fall sein kann (Kapitel 11.4.3).

Bei sequentieller Darbietung bilateraler Stimuluspaare zeigte sich eine signifikante Leistungsver schlechterung gegenüber simultaner Darbietung (Kapitel 6). Dieser Unterschied ist mit der bei sequentieller Darbietung fehlenden kooperativen Interaktion zwischen den Hemisphären zu erklären. Die Hemisphären befinden sich unter dieser Bedingung eben nicht zugleich in der selben Verarbeitungsphase, die Mechanismen des selben Verarbeitungsniveaus sind nicht gleichzeitig aktiviert. Die Erläuterung des Leistungsunterschiedes zwischen den beiden sequentiellen bilateralen Bedingungen findet sich in Kapitel 6.3.3.

Auch bei simultaner unilateraler Stimulation zeigt sich das Fehlen einer kooperativen Interaktion in einem

signifikanten Leistungsabfall. Es ist im Grunde genommen banal festzustellen, dass mit unilateraler Reizung eine kooperative Interaktion zwischen den Hemisphären nicht zu provozieren ist. Dieses Faktum spricht zusätzlich dafür, dass die Hemisphäre, die Informationen empfängt, diese auch verarbeitet, unabhängig von einer möglichen sekundären (und in Kapitel 6.3.3 propagierten) Aktivierung der anderen Hemisphäre. Damit geben wir dem Direct-Access-Modell den Vorzug vor dem Callosal-Relay-Modell (siehe Kapitel 3.4.1). Da wir in den vorangegangenen Kapiteln einen intensiven Informationsaustausch zwischen den Hemisphären als nutzbringend deklarierten, können wir jetzt sicher nicht eine durch Informationstransfer bedingte Stimulusdegradation annehmen.

11.5. DIE HEMISPHEREN ALS KOMPLEMENTÄRE INFORMATIONSVERRARBEITUNGSSYSTEME

Wir haben in den vorangegangenen Kapiteln den Ausdruck "kooperative Interaktion" stillschweigend von Allen (1983) übernommen. Damit haben wir unausgesprochen den Modellansätzen den Vorzug gegeben, welche Allen (1983) mit "Modelle kooperativer Interaktion" überschrieb, also bereits eine gewisse Evaluation vorgenommen. Wir rekapitulieren in diesem abschliessenden Kapitel vorerst thesenartig die grundlegenden Aspekte einer solchen Modellvorstellung, wobei wir von nun an den Ausdruck "kooperative Interaktion" etwas konkretisieren wollen und die Hemisphären als "komplementäre Systeme" darzustellen versuchen. Schliesslich nehmen wir auch noch auf andere Modellansätze Bezug.

11.5.1. Zusammenfassung der grundlegenden Aspekte

Das dem Gehirn projizierte Material wird, unabhängig von dessen Art, von der unmittelbar stimulierten Hemisphäre selbst (vor-)verarbeitet. Jede Hemisphäre setzt dazu die ihr eigenen Kapazitäten ein, die LH verbale, analytische, die RH figural-räumliche, holistische und möglicherweise auch "ideographische" verbale. Von Stimulusvariationen unabhängig beginnen Informationstransfers zwischen den Hemisphären. Auch bei unilateraler Stimulation sind nach Braff und Saccuzzo (1985) und Umiltà et al. (1985) mindestens im Ansatz solche Informationstransfers anzunehmen, obwohl dadurch die Kapazitäten der nicht stimulierten Hemisphäre nicht verfügbar werden. Bilaterale sequentielle Stimulation kann in den bisher vorliegenden Studien als Spezialfall unilateraler Stimulation angesehen werden, als zwei unmittelbar aufeinanderfolgende unilaterale Reizungen. Auch dann können die Hemisphären nicht als sich gegenseitig ergänzende Systeme arbeiten, weil ein nutzbringender interhemisphärischer Informationsaustausch nur zwischen gleichzeitig aktiv arbeitenden Strukturen auf gleichem Verarbeitungsniveau möglich ist. Grundsätzlich sind also wie bei unilateraler Stimulation die Kapazitäten der nicht stimulierten Hemisphäre nicht verfügbar. Unter bestimmten Bedingung ist aber eine interhemisphärische Aktivierung (priming effect, Kapitel 6.3.3) in kleinerem Ausmass nutzbringend.

Nur bei bilateraler und simultaner Stimulation, wenn beide Hemisphären im Verarbeitungsprozess parallel fortschreiten, ist es möglich, dass sich die Informationstransfers leistungsverbessernd auswirken. Wenn sich beide Hemisphären auf dem selben Niveau der Informationsverarbeitung befinden, können die Modi beider Hemisphären komplementär verschiedene Aspekte der Stimuli verarbeiten. Diese prinzipielle Möglichkeit wird zwar in den wohl eher

seltenen Fällen verbaut, in welchen hoch spezifisches Material verarbeitet werden soll, das nur dem Modus der einen Hemisphere zugänglich ist. In der Regel aber, bei visuellem verbalem und verbalisierbarem figural-raumlichem Material, können sich die beiden Hemisphären mit je ihren spezifischen Kapazitäten mittels intensiven Informationsaustausches komplementär ergänzen. Die Dauer dieses Informationstransfers beträgt nach Cohen (1982, 94), Moscovitch (1983, 98) und Zaidel (1983, 112) übereinstimmend mindestens etwa drei bis vier Millisekunden (ms); diese Schätzungen beruhen aber zum Teil auf physiologischen Messungen mit extrem einfachen Aufgabenstellungen. Für den Transfer komplexeren Materials nehmen Cohen (1982, 94) und Moscovitch (1986, 106) Transferzeiten von bis zu 50 ms an, wobei Moscovitch (1986, 106) ausdrücklich darauf hinweist, dass diese Transferzeit mehrere einzelne Transferoperationen beinhaltet.

Im weiteren besteht die Frage, ob diese komplementäre Verarbeitung ausschliesslich in einer Vorverarbeitung der Stimuli durch die initial stimulierte Hemisphere besteht, oder ob sich die Kapazitäten der einzelnen Hemisphären auch an der Verarbeitung der Stimuli beteiligen, die initial der anderen, kontralateralen Hemisphere präsentiert wurden. Die Resultate des Experimentes mit den zu integrierenden Flächen als spezifisch figural-raumliches Material sprechen eher gegen diese zweite Möglichkeit. Grundsätzlich noch offen bleibt zwar, ob die beiden Hemisphären jeweils genau die gleiche Funktion versehen, also z.B. beide verbal arbeiten, oder ob jede Hemisphere je verschiedene Subprozesse, verschiedene Komponenten einer gegebenen Aufgabe verarbeitet, wie von Sergent und Bindra (1981) und Sergent (1982) angenommen. Unter der Voraussetzung, dass die RH nur über eingeschränkte "ideographische" verbale Fähigkeiten verfügt, bzw. die LH verbalisierbare figural-räumliche Stimuli weitgehend verbal verarbeitet, scheint die zweite

Möglichkeit immerhin die wahrscheinlichere: Die Hemisphären tauschen die ihr je eigenen Spezialitäten, ihre "Sichtweisen" des betreffenden Stimulus aus. Dieser Austausch ist es, der selektiv nur bei simultaner bilateraler Stimulation ermöglicht wird und der im Endeffekt eine signifikante Leistungsverbesserung bewirkt. Mit der so beschriebenen komplementären Arbeitsweise der Hemisphären könnte wenigstens ein Stück weit das ausformuliert sein, was Broadbent (1974, 31) als "an integrated performance" bezeichnet hat; oder was Gazzaniga und LeDoux (1978, 39) meinen, wenn sie "... the hemispheres as intimately associated and working in synchrony" sehen; oder was Cotton, Tzeng und Hardyck (1980, 22) zur Schlussfolgerung geführt hat, dass die Hemisphären "... must somehow interact to form a general processing system".

Es bleibt der Vollständigkeit halber noch zu erwähnen, dass mit den vorliegenden Daten nicht auszumachen ist, welche Hemisphäre schliesslich bei der Integration der beiden Stimulusteile zur Hauptsache verantwortlich zeichnet - sofern eine solche Zuschreibung überhaupt zulässig ist. Am eigentlichen Akt der Integration, am mehrfachen Informationsaustausch, sind ja beide Hemisphären beteiligt. Doch scheint plausibel, dass verbales Material wahrscheinlich eher von der LH weiterverarbeitet wird. Bei figural-räumlichem Material kann die Weiterverarbeitung aufgrund des eingangs erwähnten "Bias" bei der Verarbeitung verbalisierbaren figural-räumlichen Materials zugunsten der LH (Kapitel 2.3.1) nicht so ohne weiteres der RH zugeschrieben werden, individuelle Variationen dürften hierbei wieder einmal eine gewisse Rolle spielen. Man darf aber annehmen, dass der Ort der Weiterverarbeitung weitgehend unabhängig ist vom Ort, der schliesslich die Antwort produziert (Kapitel 2.3.2.2).

11.5.2. Rückbezüge auf Modellvorstellungen

Bei diesen Anmerkungen zu bestehenden Modellvorstellungen beziehen wir uns auf die in Kapitel 3.4 dargestellten Ansätze, die dort einzeln zusammengefasst und mit Literaturhinweisen versehen wurden. Es soll hier keine allumfassende Kritik vorgenommen werden, die kurzen Rückbezüge sollen nur auf Besonderheiten und Widersprüche aufmerksam machen, soweit sie interhemisphärische Integration betreffen.

Die Modelle unilateraler Spezialisierung beinhalten keine Aussagen über interhemisphärische Integration, weshalb kein eigentlicher Bezug hergestellt, sondern nur gerade dieser Mangel festgestellt werden kann.

Nach den Modellen paralleler Verarbeitung arbeiten die Hemisphären simultan und unabhängig voneinander, womit wir uns höchstens betreffend der sehr frühen Verarbeitungsphase (gerade bis Area 17) einverstanden erklären können. Wohl besteht auch gemäss unserer Sichtweise zwischen den Hemisphären Parallelität in der Informationsverarbeitung, aber ganz im Gegenteil gerade in intensiver Verbindung zueinander und nicht unabhängig voneinander.

Die Allokationsmodelle sind mit unserer Sichtweise insofern in Widerspruch, als gemäss Allokationsmodellen immer nur eine Hemisphäre zugleich arbeitet, wir aber bei interhemisphärischer Integration als wesentliches Merkmal der Informationsverarbeitung eine simultane Aktivität beider Hemisphären annehmen. Höchstens als Spezialfall, wenn durch die Spezifität des Materials erzwungen, wäre aus unserer Sicht auch eine unilaterale Verarbeitung von Stimuli denkbar. Die "Allokation" auf eine Hemisphäre wäre dann aber durch das Material determiniert, während bei den Allokationsmodellen dieser Vorgang als variabel und situationsbedingt geschildert wird.

Die Modelle negativer Interaktion stellen das pure Gegenteil der Modelle kooperativer Interaktion dar, sie postulieren eine gegenseitige Hemmung der Hemisphären. Wahrscheinlich genuin physiologischen Ursprungs hat die Vorstellung von sich gegenseitig hemmenden Hemisphären eine gewisse Popularität erlangt. Die meisten der vorliegenden Daten zur interhemisphärischen Integration laufen dem Postulat einer interhemisphärischen Hemmung diametral entgegen. Da aber die Gefahr besteht, dass einige unserer Resultate falsch ausgelegt werden könnten, ist hier ein besonderer Hinweis notwendig. In unserem Hauptexperiment mit (spezifisch) figural-räumlichem Material (Kapitel 8) ergab sich bei simultaner bilateraler Stimulation eine signifikant schlechtere Leistung als bei unilateraler rechts-hemisphärischer Stimulation. Wie in Kapitel 11.4.3 ausformuliert, ist dieses Resultat aber in der ungünstigsten Variante als Folge einer invarianten Interaktion zwischen den Hemisphären zu erklären, indem durch die unverändert fortlaufenden Informationstransfers zwischen den Hemisphären die LH unnötigerweise im Informationsverarbeitungsprozess involviert bleibt, was durchaus kontraproduktive Folgen haben und eine schlechtere Gesamtleistung bewirken kann. Die Diskussion in Kapitel 8 beschreibt ein solch rigides, aktives Fehlverhalten. Auch die Spekulationen in Kapitel 7 betreffend der Verarbeitung von Komposita ziehen eine Rigidität der Verarbeitungsmechanismen in Betracht. Allenfalls könnte man personifizierend von einem "prinzipiellen Führungsanspruch" der LH oder von einer "Kooperationsverweigerung" der LH sprechen, niemals aber von einer interhemisphärischen Hemmung oder Unterdrückung. Physiologische Mechanismen zur Erklärung psychologischer Daten heranzuziehen, wie das Cook (1984) versucht hat, ist eben ein Unding. Man darf sich wundern, dass Neuropsychologen ernsthaft und ungestraft eine Hemmung zwischen den gesunden Hälften ihres paarig angelegten Forschungsgegenstandes postulieren können.

Das hierarchische Informationsverarbeitungs-Modell von Moscovitch (1986) scheint mit unserer Sichtweise weitgehend kompatibel. Der Informationsverarbeitungsprozess ist bei ihm in einzelne Verarbeitungsschritte aufgelöst mit gleichartigen, aber zum Teil verschiedenen effizienten Komponenten in LH und RH. Diese Komponenten scheinen dem zu entsprechen, was wir als "Strukturen (oder Mechanismen, Prozessoren) des gleichen Verarbeitungsniveaus" (Kapitel 11.4.4) bezeichnet haben. Einen leistungsverbessernden interhemisphärischen Informationsaustausch haben wir ausschliesslich zwischen diesen Strukturen lokalisiert. In gleicher Weise erfolgt ein interhemisphärischer Informationstransfer bei Moscovitch (1986) immer nur "horizontal", zwischen gleichartigen Komponenten auf dem selben Verarbeitungsniveau. Es ist gegenwärtig aber nicht möglich, unsere Sichtweise vollends auf Moscovitch's Modell zu übertragen, hauptsächlich deshalb, weil der Autor des Modells nur Beispiele mit unilateraler Stimulation und unilateraler Verarbeitung anführt, die bilaterale Reizverarbeitung und den Mechanismus interhemisphärischer Integration also allzu intuitiv auf das Modell aufgepfropft werden müsste.

Der Modellansatz von Friedman und Polson (1981), in welchem zwar der Zusammenhang zwischen den Hemisphären bezüglich Aktivierung und Verfügbarkeit von Ressourcen betont wird, sagt nichts darüber aus, wie die Mechanismen der beiden Hemisphären zusammenarbeiten könnten. Der postulierte Zusammenhang bleibt abstrakt und invariant. Ein Widerspruch zu unserer Auffassung könnte sich dadurch ergeben, dass Friedman und Polson (1981) annehmen, beide Hemisphären seien immer in gleichem Ausmass aktiviert. Das kann im Grunde genommen nur so aufgefasst werden, dass mit unilateraler Stimulation die Mechanismen beider Hemisphären in gleicher Weise verfügbar sein müssten. Unsere Daten widersprechen einer solchen Auffassung. Weil die Autorinnen

aber keine Angaben bezüglich Informationsverarbeitungsprozessen und interhemisphärischer Transfermechanismen machen, muss dieser Widerspruch als scheinbar oder tatsächlich im Raum stehen bleiben.

11.5.3. Ausblick

Wir basieren mit unseren Aussagen über interhemisphärische Integration auf einem kärglichen Datenmaterial, verglichen mit der Masse von tachistoskopischer Literatur betreffend Hemisphärendominanz. Das Vorliegende ist erst ein Anfang. Sicher wäre die Replikation einiger Resultate dringend erwünscht. So entzieht es sich noch unserer Neugierde, ob mit anderem spezifisch figural-räumlichem Material vielleicht nicht doch so etwas die eine komplementäre Zusammenarbeit zwischen den Hemisphären zu provozieren wäre. Die offensichtliche Bedeutung des zeitlichen Ablaufs von Stimulation und Informationsverarbeitung sollte noch genauer erfasst werden, wir haben nur gerade kategorisch zwischen simultan und sequentiell unterschieden. Ein komplexeres Problem dürfte die Frage nach der genauen Art der Mitarbeit der RH bei der interhemisphärischen Integration verbalen Materials darstellen. Noch völlig offen ist die Frage, wie man sich den Prozess des interhemisphärischen Informationsaustausches und der interhemisphärischen Integration von Informationsteilen am ehesten vorzustellen hat und von welchen Parametern diese Prozesse allenfalls abhängen.

Ein ganzer Wust alter und neuer Fragen also. Wir sollten die Aussagen dieses letzten grossen Kapitels, für welches wir im Titel sowohl eine Synthese versprochen als auch Schlussfolgerungen angedroht haben, einfach als Hypothesen betrachten, als Hypothesen, mit welchen weitergearbeitet werden kann. Es rechtfertigt sich, experimentelle

Designs so zu gestalten, dass man aussagekräftige Informationen über den Vorgang der interhemisphärischen Integration erhält. Denn wir wollen ja nicht eine konkurrenzierende Alternative, sondern eine notwendige Ergänzung zur Forschung "innerhalb" der Hemisphären, zur Erforschung der Hemisphärenasymmetrie, propagieren. Dass wir mit unseren Aussagen noch ein gutes Stück von Alltagsrelevanz entfernt sind, soll uns nicht abschrecken. "The challenge is, in short, to move beyond the hemisphere" (LeDoux, 1983, 213).

12. ZUSAMMENFASSUNG

Wir gingen von der Fragestellung aus, wie visuelle Informationen interhemisphärisch integriert werden. Der methodische Zugang zu dieser Frage war das Tachistoskop. Im theoretischen Teil der Arbeit wurde ein strukturierter Einblick in die tachistoskopische Literatur zur Erforschung der Hemisphärenasymmetrie vermittelt und die etwas spärliche Literatur betreffend interhemisphärischer Integration zusammengefasst. Verschiedene Modellansätze wurden dargestellt.

Um interhemisphärische Integration zu provozieren und untersuchbar zu machen, war es notwendig, einerseits entsprechende Aufgabenstellungen auszuwählen, in welchen zwei Informationsteile zu einer einzigen Antwort zusammengesetzt, eben integriert werden mussten. Andererseits musste zusätzlich zu den traditionellerweise verwendeten unilateralen Versuchsbedingungen eine dritte Versuchsbedingung berücksichtigt werden, in welcher beide Hemisphären mit je einem Informationsteil stimuliert wurden. Folglich wurden bei tachistoskopischer Reizdarbietung grundsätzlich drei Versuchsbedingungen berücksichtigt: Bei bilateraler Stimulation wurden je ein Stimulusteil ins linke und rechte Gesichtsfeld projiziert, d.h. beiden Hemisphären je ein Stimulusteil zur Verfügung gestellt (Bedingung EVF-BH). Bei unilateraler Stimulation wurden entweder beide Stimulusteile ins linke Gesichtsfeld (d.h. der rechten Hemisphäre; LVF-RH) projiziert oder beide Stimulusteile ins rechte Gesichtsfeld (der linken Hemisphäre; RVF-LH) projiziert.

Es wurden verschiedene visuelle Materialien verwendet, nämlich verbales, spezifisch figural-räumliches und verschieden kodierbares figural-räumliches Material. Grundsätzlich war die Darbietung der beiden Stimulusteile simul-

tan, in einem verbalen Experiment erfolgte die Stimulusdarbietung aber auch sequentiell.

Die Resultate der einzelnen Experimente wurden separat diskutiert. Bei der Verarbeitung simultan dargebotenen verbalen Materials zeigte sich eine signifikant bessere Leistung in der Bedingung EVF-BH als in den beiden unilateralen Bedingungen. Die beiden Hemisphären schienen also kooperativ zu interagieren. Bei sequentieller Reizdarbietung war kein solcher Effekt, keine solche kooperative Interaktion nachweisbar, höchstens unter bestimmten Bedingungen schien die RH von einer Aktivierung durch die LH profitieren zu können. Bei spezifisch figural-räumlichem Material wurden in der Bedingung EVF-BH, also in der interhemisphärischen Bedingung, signifikant schlechtere Leistungen beobachtet als in der unilateralen Bedingung LVF-RH. Dieses Resultat wurde als Ausdruck einer fehlenden kooperativen Interaktion zwischen den Hemisphären interpretiert, wobei zusätzlich auch ein aktives, aber kontraproduktives Fehlverhalten der LH in Betracht gezogen wurde. Mit verschieden kodierbarem figural-räumlichem Material waren die Resultate nicht so eindeutig; ein ausgeprägter kognitiver Stil schien aber bei diesem Material die interhemisphärische Integrationsleistung zu verbessern.

Aufgrund unserer Resultate und unter Berücksichtigung der entsprechenden Literatur kamen wir zur Schlussfolgerung, dass der interhemisphärische Informationsaustausch sich nur dann als besonders nutzbringend erwies, wenn das zu verarbeitende Material den Verarbeitungsmodi beider Hemisphären zugänglich war und wenn beide Hemisphären simultan stimuliert wurden. Waren diese beiden Voraussetzungen erfüllt, arbeiteten die beiden Hemisphären als komplementäre, sich gegenseitig ergänzende Informationsverarbeitungssysteme. Diese Sichtweise wurde mit bestehenden Modellansätzen verglichen.

13. REFERENZEN

- Allen, M. Models of hemispheric specialization. Psychological Bulletin, 1983, 93, 73-104.
- Alpern, M. Strabismus. In: Davson, H. (Ed.). The Eye, Vol. 3. Muscular Mechanisms. New York: Academic Press, 1969 (2nd edition), 203-214.
- Andy, O.J. & Bhatnagar, S.C. Right-hemispheric language evidence from cortical stimulation. Brain and Language, 1984, 23, 159-166.
- Arndt, S. & Berger, D.E. Cognitive mode and asymmetry in cerebral functioning. Cortex, 1978, 14, 78-86.
- Bagnara, S., Boles, D.B., Simion, F. & Umiltà, C. Can an analytic/holistic dichotomy explain hemispheric asymmetries? Cortex, 1982, 18, 67-77.
- Bear, D.M. Hemispheric specialization and human emotional functions. In: Katsuki, S., Tsubaki, T. & Toyokura, Y. (Eds.). Neurology, Proceedings of the 12th World Congress of Neurology, Kyoto, Japan, September 20-25, 1981. Amsterdam: Excerpta Medica, 1982, 63-82.
- Beaumont, J.G. Studies with verbal stimuli. In: Beaumont, J.G. (Ed.). Divided Visual Field Studies of Cerebral Organisation. New York: Academic Press, 1982a, 57-86.
- Beaumont, J.G. (Ed.) Divided Visual Field Studies of Cerebral Organisation. New York: Academic Press, 1982b.
- Beaumont, G. & Dimond, S. Interhemispheric transfer of figural information in right- and non-right-handed subjects. Acta Psychologica 1975, 39, 97-104.
- Beaumont, J.G., Young, A.W., & McManus, I.C. Hemisphericity: a critical review. Cognitive Neuropsychology, 1984, 1, 191-212.
- Bentin, S., Sahar, A. & Moscovitch, M. Intermanual information transfer in patients with lesions in the trunk of the corpus callosum. Neuropsychologia, 1984, 22, 601-611.
- Berlucchi, G., Brizzolara, D., Marzi, C.A., Rizzolatti, G. & Umiltà, C. The role of stimulus discriminability and verbal codability in hemispheric specialization for visuospatial tasks. Neuropsychologia, 1979, 17, 195-202.

- Bevilacqua, L., Capitani, E., Luzzatti, C. & Spinnler, H.R. Does the hemisphere stimulated play a specific role in delayed recognition of complex abstract pattern? A tachistoscopic study. Neuropsychologia, 1979, 17, 93-97.
- Boles, D.B. Global versus local processing: is there a hemispheric dichotomy? Neuropsychologia, 1984a, 22, 445-455.
- Boles, D.B. Sex in lateralized tachistoscopic word recognition. Brain and Language, 1984b, 23, 307-317.
- Braff, D.L. & Saccuzzo, D.P. Interhemispheric visual masking. Perceptual and Motor Skills, 1985, 60, 495-502.
- Broadbent, D.E. Division of function and integration of behavior. In: Schmitt F.O. & Worden, F.G. (Eds.). The Neurosciences Third Study Program. Cambridge, Mass.: MIT Press, 1974, 31-41.
- Bruce, P.R., Herman, J.F. & Stern, J. Lateral eye movements and the recall of spatial information in an familiar, large-scale environment. Neuropsychologia, 1982, 20, 505-508.
- Bruyer, R. & Stroot, C. Lateral differences in face processing: task and modality effects. Cortex, 1984, 20, 377-390.
- Bryden, M.P. Strategy effects in the assessment of hemispheric asymmetry. In: Underwood, G. (Ed.). Strategies of Information Processing. New York: Academic Press, 1978, 117-149.
- Bryden, M.P. Laterality. Functional Asymmetry in the Intact Brain. New York: Academic Press, 1982.
- Campbell, R. The lateralization of emotion: a critical review. International Journal of Psychology, 1982, 17, 211-229.
- Carterette, E.C. & Friedman, M.P. (Eds.) Handbook of Perception, Vol. 3. Biology of Perceptual Systems. New York: Academic Press, 1973.
- Carterette, E.C. & Friedman, M.P. (Eds.) Handbook of Perception, Vol. 5. Seeing. New York: Academic Press, 1975.
- Chiarello, C., Dronkers, N.F. & Hardyck, C. Choosing sides: on the variability of language lateralization in normal subjects. Neuropsychologia, 1984, 22, 363-373.

- Cohen, A.S. Der Einfluss von Schreib- und Lesegewohnheiten sowie von Händigkeit auf die Asymmetrie der visuellen Wahrnehmung. Zeitschrift für experimentelle und angewandte Psychologie, 1976, 23, 366-382.
- Cohen, G. Theoretical interpretations of lateral asymmetries. In: Beaumont, J.G. (Ed.). Divided Visual Field Studies of Cerebral Organisation. New York: Academic Press, 1982, 87-111.
- Cook, N.D. Homotopic callosal inhibition. Brain and Language, 1984, 23, 116-125.
- Cotton, B., Tzeng, O.J.L. & Hardyck, C. Role of cerebral hemispheric processing in the visual half-field stimulus-response compatibility effect. Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 1980, 6, 13-23.
- Davidoff, J. Studies with non-verbal stimuli. In: Beaumont, J.G. (Ed.). Divided Visual Field Studies of Cerebral Organisation. New York: Academic Press, 1982, 29-55.
- Davis, R. & Schmit, V. Timing and transfer of information between hemispheres in man. Acta Psychologica, 1971, 35, 335-346.
- Davis, R. & Schmit, V. Visual and verbal coding in the interhemispheric transfer of information. Acta Psychologica, 1973, 37, 229-240.
- Dee, H.L. & Fontenot, D.J. Cerebral dominance and lateral differences in perception and memory. Neuropsychologia, 1973, 11, 167-173.
- Dee, H.L. & Hannay, H.J. Reversal of asymmetry in human perceptual performance as a function of labeling, mode of response, and familiarity. Perceptual and Motor Skills, 1981, 52, 183-193.
- De Renzi, E. Disorders of Space Exploration and Cognition. New York: Wiley, 1982.
- Dimond, S. & Beaumont, G. Use of two cerebral hemispheres to increase brain capacity. Nature, 1971, 232, 270-271.
- Dimond, S. & Beaumont, G. Processing in perceptual integration between and within the cerebral hemispheres. British Journal of Psychology, 1972, 63, 509-514.

- Dimond, S.J. & Beaumont, J.G. Experimental studies of hemisphere function in the human brain. In: Dimond, S.J. & Beaumont, J.G. (Eds.). Hemisphere Function in the Human Brain. London: Elek Science, 1974, 48-88.
- Dimond, S.J., Gibson, A.R. & Gazzaniga, M.S. Cross field and within field integration of visual information. Neuropsychologia, 1972, 10, 379-381.
- Domangue, B.B. Hemisphere dominance, cognitive complexity, and nonverbal sensitivity. Perceptual and Motor Skills, 1984, 58, 3-20.
- Durnford, M. & Kimura, D. Right hemisphere specialization for depth perception reflected in visual field differences. Nature, 1971, 231, 394-395.
- Duus, P. Neurologisch-topische Diagnostik. Stuttgart: Thieme, 1980 (2. Aufl.).
- Eling, P. On the theory and measurement of laterality. Neuropsychologia, 1981, 19, 321-324.
- Ellenberg, L. & Sperry, R.W. Lateralized division of attention in the commissurotomed and intact brain. Neuropsychologia, 1980, 18, 411-418.
- Elliott, F.A. The corpus callosum, cingulate gyrus, septum pellucidum, septal area and fornix. In: Vinken, P.J. & Bruyn, G.W. (Eds.). Handbook of Clinical Neurology, Vol 2. Localization in Clinical Neurology. Amsterdam: North-Holland, 1969, 758-775.
- Fallik, B. & Eliot, J. Intuition, cognitive style, and hemispheric processing. Perceptual and Motor Skills, 1985, 60, 683-697.
- Feneis, H. Anatomisches Bildwörterbuch. Stuttgart: Thieme, 1974 (4. Aufl.).
- Fogliani, A.M., Parisi, R., Fogliani-Messina, T.M. & Rapisarda, V. Interhemispheric transfer of visual information in schizophrenics. Perceptual and Motor Skills, 1985, 60, 867-870.
- Fontenot, D.J. & Benton, A.L. Perception of direction in the right and left visual field. Neuropsychologia, 1972, 10, 447-452.
- Friedman, A. and Polson, M.C. Hemispheres as independent resource systems: limited-capacity processing and cerebral specialization. Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 1981, 7, 1031-1058.

- Galaburda, A.M. Anatomical Asymmetries. In: Geschwind, N. & Galaburda, A.M. (Eds.). Cerebral Dominance. The Biological Foundations. London: Harvard University Press, 1984, 11-25.
- Gazzaniga, M.S. The Bisected Brain. New York: Appleton-Century-Crofts, 1970.
- Gazzaniga, M.S. & LeDoux, J.E. The Integrated Mind. New York: Plenum, 1978.
- Geffen, G., Nilsson, J., Quinn, K. & Teng, E.L. The effect of lesions of the corpus callosum on finger localization. Neuropsychologia, 1985, 23, 497-514.
- Gibson, A.R., Dimond, S.J. & Gazzaniga, M.S. Left field superiority for word matching. Neuropsychologia, 1972, 10, 463-466.
- Griffiths, P. & Woodman, C. Conjugate lateral eye movements and cognitive mode: blindness as a control for visually-induced oculomotor effects. Neuropsychologia, 1985, 23, 257-262.
- Guiard, Y. and Requin, J. Interhemispheric sharing of signals and responses and the psychological refractory period. Neuropsychologia, 1977, 15, 427-438.
- Hallett, S. & Green, P. Possible defects of interhemispheric integration in children of schizophrenics. Journal of Nervous and Mental Disease, 1983; 171, 421-425.
- Hardyck, C. Seeing each other's point of view: Visual perceptual lateralization. In: Hellige, J.B. (Ed.). Cerebral Hemisphere Asymmetry. New York: Praeger, 1983, 219-254.
- Hardyck, C., Tzeng, O.J.L. & Wang, W.S.-Y. Cerebral lateralization of function and bilingual decision processes: Is thinking lateralized? Brain and Language, 1978, 5, 56-71.
- Harrington, D.O. The Visual Fields. Saint Louis: C.V. Mosby Company, 1971 (3rd edition).
- Hartje, W., Schmitz-Gielsdorf, J. & Willmes, K. Callosal transfer of information - detour or short-cut? Unpublished manuscript at the Abteilung Neurologie der RWTH Aachen, Aachen, West-Germany, referring to the speech at the Annual Meeting of the E.B.B.S. in Strasbourg, France, 3-5 of September 1984.

- Hartje, W., Willmes K. & Weniger, D. Is there parallel and independent hemispheric processing of intonational and phonetic components of dichotic speech stimuli? Brain and Language, 1985, 24, 83-99.
- Hatta, T. Asynchrony of lateral onset as a factor in difference in visual field. Perceptual and Motor Skills, 1976, 42, 163-166.
- Hatta, T. Functional hemisphere asymmetries in an inferential thought task. Psychologia, 1977, 20, 145-150.
- Hatta, T. Visual field differences in a mental transformation task. Neuropsychologia, 1978, 16, 637-641.
- Hatta, T. Lateral eye movement and hemisphere asymmetry: effects of question type, task type, emotion type, and individual differences. Cortex, 1984, 20, 543-556.
- Healey, J.M., Waldstein, S. & Goodglass, H. Sex differences in the lateralization of language discrimination vs language production. Neuropsychologia, 1985, 23, 777-789.
- Heilman, K.M. & Satz, P. Neuropsychology of Human Emotion. New York: Guilford, 1983.
- Hellige, J.B. Changes in same-different laterality patterns as a function of practice and stimulus quality. Perception & Psychophysics, 1976, 20, 267-273.
- Hellige, J.B. (Ed.) Cerebral Hemisphere Asymmetry. New York: Praeger, 1983.
- Hellige, J.B. & Cox, P.J. Effects of concurrent verbal memory on recognition of stimuli from the left and right visual fields. Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 1976, 2, 210-221.
- Hellige, J.B., Cox, P.J. & Litvac, L. Information processing in the cerebral hemispheres: selective hemispheric activation and capacity limitations. Journal of Experimental Psychology: General, 1979, 108, 251-279.
- Heron, W. Perception as a function of retinal locus and attention. American Journal of Psychology, 1957, 70, 38-48.
- Hines, D. Bilateral tachistoscopic recognitions of verbal and nonverbal stimuli. Cortex, 1972a, 8, 315-322.

- Hines, D. A brief reply to McKeever, Suberi and Van Deventer's comment of "Bilateral tachistoscopic recognitions of verbal and nonverbal stimuli". Cortex, 1972b, 8, 480-482.
- Hines, D. Recognition of verbs, abstract nouns and concrete nouns from the left and right visual half-fields. Neuropsychologia, 1976, 14, 211-216.
- Hines, D. Visual information processing in the left and right hemispheres. Neuropsychologia, 1978, 16, 593-600.
- Hines, D. Position response bias in visual field recognition. Cortex, 1984, 20, 303-306.
- Hines, D. & Satz, P. Superiority of right visual half-fields in right-handers for recall of digits presented at varying rates. Neuropsychologia, 1971, 9, 21-25.
- Hines, D., Sawyer, P.K., Dura, J., Gilchrist, J. & Czerwinski, M. Hemispheric asymmetry in use of semantic category information. Neuropsychologia, 1984, 22, 427-433.
- Hiscock, M., Antoniuk, D., Prisciak, K. & von Hessert, D. Generalized and lateralized interference between concurrent tasks performed by children: effects of age, sex, and skill. Developmental Neuropsychology, 1985, 1, 29-48.
- Hurtig, R.R. Cerebral asymmetry in the strategies used in processing random line stimuli. Cortex, 1982, 18, 337-343.
- Inouye, T., Shinosaki, K. & Yagasaki, A. Interhemispheric EEG interactions during voluntary movement. Neuropsychologia, 1982, 20, 219-224.
- Jacqy, J. & Squelart, P. Right hemispheric activation on chronognosia: a preliminary study by rheoencephalography. Neuropsychobiology, 1984, 11, 3-6.
- Jones, B. The integrative action of the cerebral hemispheres. Perception & Psychophysics, 1982, 32, 423-433.
- Jones, B. & Anuza, T. Sex differences in cerebral lateralization in 3- and 4-year old children. Neuropsychologia, 1982, 20, 347-350.
- Jones, B. & Santi, A. Lateral asymmetries in visual perception with and without eye movements. Cortex, 1978, 14, 164-168.

- Kimura, D. Dual functional asymmetry of the brain in visual perception. Neuropsychologia, 1966, 4, 275-285.
- Kinsbourne, M. The cerebral basis of lateral asymmetries in attention. Acta Psychologica, 1970, 33, 193-201.
- Kinsbourne, M. Lateral interactions in the brain. In: Kinsbourne, M. & Smith, W.L. (Eds.). Hemispheric Disconnection and Cerebral Function. Springfield, Illinois: Thomas, 1974a, 239-259.
- Kinsbourne, M. Mechanisms of hemispheric interaction in man. In: Kinsbourne, M. & Smith, W.L. (Eds.). Hemispheric Disconnection and Cerebral Function. Springfield, Illinois: Thomas, 1974b, 260-285.
- Kinsbourne, M. Direction of gaze and distribution of cerebral thought processes. Neuropsychologia, 1974c, 12, 279-281.
- Kinsbourne, M. The mechanism of hemispheric control of the lateral gradient of attention. In: Rabbitt, P.M.A. & Dornic, S. (Eds.). Attention and Performance, Vol. 5. New York: Academic Press, 1975, 81-97.
- Kinsbourne, M. & Cook, J. Generalized and lateralized effects of concurrent verbalization on a unimanual skill. Quarterly Journal of Experimental Psychology, 1971, 23, 341-345.
- Kinsbourne, M. & Hiscock, M. Asymmetries of dual-task performance. In: Hellige, J.B. (Ed.). Cerebral Hemisphere Asymmetry. Method, Theory, and Application. New York: Praeger, 1983, 255-334.
- Klima, M. Anatomie des Menschen, Bd. I. Kopf und zentrales Nervensystem. Stuttgart: Franckh'sche Verlagshandlung, 1975.
- Kolb, B. & Whishaw, I.Q. Fundamentals of Human Neuropsychology. San Francisco: Freeman, 1980.
- Lambert, A.J. & Beaumont J.G. Comparative processing of imageable nouns in the left and right visual fields. Cortex, 1981, 17, 411-418.
- Lambert, A.J. & Beaumont J.G. Imageability does not interact with visual field in lateral word recognition with oral report. Brain and Language, 1983, 20, 115-142.

- LeDoux, J.E. Cerebral asymmetry and the integrated function of the brain. In: Young, A.W. (Ed.). Functions of the Right Cerebral Hemisphere. New York: Academic Press, 1983, 203-216.
- Lempert, H. & Kinsbourne, M. Effect of laterality of orientation on verbal memory. Neuropsychologia, 1982, 20, 211-214.
- Levine, S.C. & Banich, M.T. Lateral asymmetries in the naming of words and corresponding line drawings. Brain and Language, 1982, 17, 34-43.
- Levine, S.C. & Banich, M.T. Possible effects of forced report order on tachistoscopic recognition of bilaterally presented stimuli: a response to Young and Ellis. Brain and Language, 1984, 21, 364-374.
- Levy, J. & Trevarthen, C. Metacontrol of hemispheric function in human split-brain patients. Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 1976, 2, 299-312.
- Levy, J., Trevarthen, C. & Sperry, R.W. Perception of bilateral chimeric figures following hemispheric deconnexion. Brain, 1972, 95, 61-78.
- Liederman, J., Merola, J. & Martinez, S. Interhemispheric collaboration in response to simultaneous bilateral input. Neuropsychologia, 1985, 23, 673-683.
- Lines, C.R. & Milner, A.D. Nasotemporal overlap in the human retina investigated by means of simple reaction time to lateralized light flash. Experimental Brain Research, 1983, 50, 166-172.
- MacDonald, B.H. & Hiscock, M. Effects of induced anxiety and question content on the direction and frequency of lateral eye movements. Neuropsychologia, 1985, 23, 757-763.
- Mackavey, W., Curcio, F. & Rosen, J. Tachistoscopic word recognition performance under conditions of simultaneous bilateral presentation. Neuropsychologia, 1975, 13, 27-33.
- Magnani, G., Mazzucchi, A. & Parma, M. Interhemispheric differences in same versus different judgments upon presentation of complex visual stimuli. Neuropsychologia, 1984, 22, 527-530.

- Marcel, A.J. & Patterson, K.E. Word recognition and production: reciprocity in clinical and normal studies. In: Requin, J. (Ed.). Attention and Performance, Vol 7. Hillsdale, New Jersey: Erlbaum, 1978, 209-226.
- McGlone, J. Sex differences in functional brain asymmetry. Cortex, 1978, 14, 122-128.
- McGlone, J. Sex differences in human brain asymmetry: a critical survey. The Behavioral and Brain Sciences, 1980, 3, 215-263.
- McGlone, J. & Davidson, W. The relation between cerebral speech laterality and spatial ability with special reference to sex and hand preference. Neuropsychologia, 1973, 11, 105-113.
- McGlone, J. & Kertesz, A. Sex differences in cerebral processing of visuospatial tasks. Cortex, 1973, 9, 313-320.
- McKeever, W.F. Lateral word recognition: Effects of unilateral and bilateral presentation, asynchrony of bilateral presentation, and forced order of report. Quarterly Journal of Experimental Psychology, 1971, 23, 410-416.
- McKeever, W.F. & Gill, K.M. Interhemispheric transfer time for visual stimulus information varies as a function of the retinal locus of stimulation. Psychonomic Sciences, 1972, 26, 308-310.
- McKeever, W.F. & Huling, M.D. Lateral dominance in tachistoscopic word recognition obtained with simultaneous bilateral input. Neuropsychologia, 1971a, 9, 15-20.
- McKeever, W.F. & Huling, M.D. Bilateral tachistoscopic word recognition as a function of hemisphere stimulated and interhemispheric transfer time. Neuropsychologia, 1971b, 9, 281-288.
- McKeever, W.F. & Jackson, T.L., Jr. Cerebral dominance assessed by object- and color-naming latencies: sex and familial sinistrality effects. Brain and Language, 1979, 7, 175-190.
- McKeever, W.F., Suberi, M. & VanDeventer, D. Fixation control in tachistoscopic studies of laterality effects: comment and data relevant to Hines' experiment. Cortex, 1972, 8, 473-479.

- Miller, C.A. Degree of lateralization as a hierarchy of manual and cognitive skill levels. Neuropsychologia, 1982, 20, 155-162.
- Milner, A.D. & Lines, C.R. Interhemispheric pathways in simple reaction time to lateralized light flash. Neuropsychologia, 1982, 20, 171-179.
- Mishkin, M. & Forgays, D.G. Word recognition as a function of retinal locus. Journal of Experimental Psychology, 1952, 43, 43-48.
- Morais, J., Peretz, I., Gudanski, M. & Guiard, Y. Ear asymmetry for chord recognition in musicians and nonmusicians. Neuropsychologia, 1982, 20, 351-354.
- Moscovitch, M. Language and the cerebral hemispheres: Reaction-time studies and their implications for models of cerebral dominance. In: Pliner, P., Alloway, T. & Krames, L. (Eds.). Communication and Affect: Language and Thought. New York: Academic Press, 1973.
- Moscovitch, M. On the representation of language in the right hemisphere of right-handed people. Brain and Language, 1976, 3, 47-71.
- Moscovitch, M. Information processing and the cerebral hemispheres. In: Gazzaniga, M.S. (Ed.). Handbook of Behavioral Neurobiology, Vol. 2. Neuropsychology. New York: Plenum Press, 1979, 379-446.
- Moscovitch, M. Laterality and visual masking: interhemispheric communication and the locus of perceptual asymmetries for words. Canadian Journal of Psychology, 1983, 37, 85-106.
- Moscovitch, M. Afferent and efferent models of visual perceptual asymmetries: theoretical and empirical implications. Neuropsychologia, 1986, 24, 91-114.
- Moscovitch, M. & Klein, D. Material-specific perceptual interference for visual words and faces: Implications for models of capacity limitations, attention, and laterality. Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 1980, 6, 590-604.
- Myers, J.J. & Sperry, R.W. Interhemispheric communication after section of the forebrain commissures. Cortex, 1985, 21, 249-260.
- Nachshon, I., Denno, D. & Aurand, S. Lateral preferences of hand, eye and foot: relation to cerebral dominance. International Journal of Neurosciences, 1983, 18, 1-10.

- Nakamura, H., Nagafuchi, M., Nakamura, S. & Kogure, K. Functional significance of the corpus callosum based on the analysis of rhythmic capabilities in the split-brain patients. Tohoku Journal of Experimental Medicine, 1984, 142, 363-379.
- Nebes, R.D., Madden, D.J. & Berg, W.D. The effect of age on hemispheric asymmetry in visual and auditory identification. Experimental Aging Research, 1983, 9, 87-91.
- Newman, S. & Albino, R.C. Hemisphere differences and judgements of simultaneity of brief light flashes. Perceptual and Motor Skills, 1979, 49, 943-956.
- Nichelli, P., Manni, A. & Faglioni, P. Relationships between speed, accuracy of performance and hemispheric superiorities for visuo-spatial pattern processing in the two sexes. Neuropsychologia, 1983, 21, 625-632.
- Nieuwenhuys, R., Voogd, J. & van Huijzen, C. Das Zentralnervensystem des Menschen. Berlin: Springer, 1980.
- Oldfield, R.C. The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh Inventory. Neuropsychologia, 1971, 9, 97-113.
- Orbach, J. Retinal locus as a factor in the recognition of visually perceived words. American Journal of Psychology, 1952, 65, 555-562.
- Paivio, A. Imagery and Verbal Processes. New York: Holt, Rinehart & Winston, 1971.
- Parrott, C.A. Personality characteristics associated with lateral eye-movement patterns. Perceptual and Motor Skills, 1984, 58, 867-874.
- Patterson, K. & Besner, D. Is the right hemisphere literate? Cognitive Neuropsychology, 1984, 1, 315-341.
- Pitblado, C. Visual field differences in perception of the vertical with and without a visible frame of reference. Neuropsychologia, 1979, 17, 381-392.
- Poeck, K. Neuropsychological demonstration of splenial interhemispheric disconnection in a case of "optic anomia". Neuropsychologia, 1984, 22, 707-713.
- Potter, M.C. & Faulconer, B.A. Time to understand pictures and words. Nature, 1975, 253, 437-438.

- Previc, F.H. Visual pattern recognition in the cerebral hemispheres: the role of spatial filtering. Perceptual and Motor Skills, 1982, 55, 1319-1326.
- Proudfoot, R.E. Hemispheric asymmetry for face recognition: some effects of visual masking, hemiretinal stimulation and learning task. Neuropsychologia, 1982, 20, 129-144.
- Pschyrembel, W. Klinisches Wörterbuch. Berlin: De Gruyter, 1972 (251. Aufl.).
- Rabinowicz, B. & Moscovitch, M. Right hemisphere literacy: a critique of some recent approaches. Cognitive Neuropsychology, 1984, 1, 343-350.
- Rasmussen, T. & Milner, B. The role of early left-brain injury in determining lateralization of cerebral speech functions. Annals of the New York Academy of Sciences, 1977, 299, 355-369.
- Rosen, J.J., Curcio, F., Mackavey, W. & Hebert, J. Superior recall of letters in the right visual field with bilateral presentation and partial report. Cortex, 1975, 11, 144-154.
- Rosenberg, B.A., Dye, S.J., Harrison, W.S., Manning, E. & Kazar, D.B. Eyeglasses, height, and lateral eye movements. International Journal of Neurosciences, 1983, 22, 47-54.
- Ross-Kossak, P. & Turkewitz, G. Relationship between changes in hemispheric advantage during familiarization to faces and proficiency in facial recognition. Neuropsychologia, 1984, 22, 471-477.
- Schönle, P.W. The representation of compound nouns in the mental lexicon: evidence from German-speaking aphasics. Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology, 1986, 8, 127.
- Sergent, J. The cerebral balance of power: confrontation or cooperation? Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 1982, 8, 253-272.
- Sergent, J. The effects of sensory limitations on hemispheric processing. Canadian Journal of Psychology, 1983a, 37, 345-366.
- Sergent, J. Role of the input in visual hemispheric asymmetries. Psychological Bulletin, 1983b, 93, 481-512.

- Sergent, J. Role of contrast, lettercase, and viewing conditions in a lateralized word-naming task. Perception & Psychophysics, 1984a, 35, 489-498.
- Sergent, J. Inferences from unilateral brain damage about normal hemispheric functions in visual pattern recognition. Psychological Bulletin, 1984b, 96, 99-115.
- Sergent, J. & Bindra, D. Differential hemispheric processing of faces: methodological considerations and reinterpretations. Psychological Bulletin, 1981, 89, 541-554.
- Smith, M.O., Chu, J. & Edmonston, W.E. Cerebral lateralization of haptic perception: interaction of responses to Braille and music reveals a functional basis. Science, 1977, 197, 689-690.
- Sperry, R. Some effects of disconnecting the cerebral hemispheres. Science, 1982, 217, 1223-1226.
- Spinnler, H., Sterzi, R., Tobaldini, L. & Vallar, G. Dissociation between normal hemispheres in delayed recognition of verbal and spatial cues of the same visual pattern. Behavioural Brain Research, 1982, 6, 227-236.
- Springer, S.P. & Deutsch, G. Left Brain, Right Brain. San Francisco: Freeman, 1981.
- Sprott, D.A. & Bryden, M.P. Measurement of laterality effects. In: Hellige, J.B. (Ed.). Cerebral Hemisphere Asymmetry. Method, Theory, and Application. New York: Praeger, 1983.
- Strauss, E. & Wada, J. Lateral preferences and cerebral speech dominance. Cortex, 1983, 19, 165-177.
- Suberi, M. & McKeever, W.F. Differential right hemispheric memory storage of emotional and non-emotional faces. Neuropsychologia, 1977, 15, 757-768.
- Sundet, K. Sex differences in cognitive impairment following unilateral brain damage. Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology, 1986, 8, 51-61.
- Tassinari, G., Morelli, M. & Berlucchi, G. Interhemispheric transmission of information in manual and verbal reaction-time tasks. Human Neurobiology, 1983, 2, 77-85.

- Tomlinson-Keasey, C., Brewer, A., & Huffman, K. The importance of being first: an analysis of tachistoscopic presentations of words. Cortex, 1983, 19, 309-325.
- Umiltà, C., Bagnara, S. & Simion, F. Laterality effects for simple and complex geometrical figures, and nonsense patterns. Neuropsychologia, 1978, 16, 43-49.
- Umiltà, C., Rizzolatti, G., Anzola, G.P., Luppino, G. & Porro, C. Evidence of interhemispheric transmission in laterality effects. Neuropsychologia, 1985, 23, 203-213.
- Umiltà, C., Rizzolatti, G., Marzi, C.A., Zamboni, G., Franzini, C., Camarda, R. & Berlucchi, G. Hemispheric differences in the discrimination of line orientation. Neuropsychologia, 1974, 12, 165-174.
- Vetsch, M. & Gygax, M. Experimentelle Möglichkeiten des Augenbewegungs-Registriergerätes. Biometrics 200. Unveröffentlichte Forschungsseminar-Arbeit, Psychologisches Institut der Universität Zürich, Abteilung Angewandte Psychologie, 1976.
- Walsh, K.W. Neuropsychology. A Clinical Approach. London: Churchill Livingstone, 1978.
- Warren, C. & Morton, J. The effects of priming on picture recognition. British Journal of Psychology, 1982, 73, 117-129.
- Webb, R.D., Fisher-Ingram, L. & Hope, P. Asymmetries in perception of tachistoscopically presented horizontal and vertical random-letter strings. Perceptual and Motor Skills, 1983, 57, 531-538.
- White, M.J. Laterality differences in perception: a review. Psychological Bulletin, 1969, 72, 387-405.
- White, M.J. Visual hemifield differences in the perception of letters and contour orientation. Canadian Journal of Psychology, 1971, 25, 207-212.
- Wilbur, M.P. & Roberts-Wilbur, J. Lateral eye-movement responses to visual stimuli. Perceptual and Motor Skills, 1985, 61, 167-177.
- Winer, B.J. Statistical Principles in Experimental Design. New York: McGraw-Hill, 1971 (2nd edition).
- Woods, B.T. Is the left hemisphere specialized for language at birth? Trends in Neurosciences, 1983, 6, 115-117.

- Young, A.W. Methodological and theoretical bases of visual hemifield studies. In: Beaumont, J.G. (Ed.). Divided Visual Field Studies of Cerebral Organisation. New York: Academic Press, 1982, 11-27.
- Young, A.W. & Bion, P.J. Hemispheric laterality effects in the enumeration of visually presented collections of dots by children. Neuropsychologia, 1979, 17, 99-102.
- Young, A.W. & Bion, P.J. Identification and storage of line drawings presented to the left and right cerebral hemispheres of adults and children. Cortex, 1981, 17, 459-464.
- Young, A.W., Bion, P.J. & Ellis, A.W. Studies toward a model of laterality effects for picture and word naming. Brain and Language, 1980, 11, 54-65.
- Young, A.W. & Ellis, A.W. Comments on the interpretation of lateral asymmetries in the naming of words and line drawings. Brain and Language, 1983, 20, 166-171.
- Young, A.W., Ellis, A.W. & Bion, P.J. Left hemisphere superiority for pronounceable nonwords, but not for unpronounceable letter strings. Brain and Language, 1984, 22, 14-25.
- Zaidel, D. & Sperry, R.W. Performance on the Raven's Colored Progressive Matrices Test by subjects with cerebral commissurotomy. Cortex, 1973, 9, 34-39.
- Zaidel, E. Reading by the disconnected right hemisphere: an aphasiological perspective. In: Zatterman, Y. (Ed.). Wenner Greer Symposium on Dyslexia. London: Plenum, 1982.
- Zaidel, E. Disconnection syndrome as a model of laterality effects in the normal brain. In: Hellige, J.B. (Ed.). Cerebral Hemisphere Asymmetry. Method, Theory, and Application. New York: Praeger, 1983, 95-151.
- Zaidel, E. & Peters, A.M. Phonological encoding and ideographic reading by the disconnected right hemisphere: two case studies. Brain and Language, 1981, 14, 205-234.
- Zaidel, E. & Schweiger, A. On wrong hypotheses about the right hemisphere: commentary on K. Patterson and D. Besner, "Is the right hemisphere literate?". Cognitive Neuropsychology, 1984, 1, 351-364.

14. ANHANG

14.1. TABELLEN

14.1.1. Experiment mit verbalem Material, simultane Darbietung

Gruppe	N		EVF-BH	LVF-RH	RVF-LH
Frauen	16	Mean	3.44	1.94	2.06
		SD	0.93	0.93	1.12
Männer	16	Mean	2.63	1.44	1.69
		SD	0.96	0.73	1.20
total	32	Mean	3.03	1.69	1.88
		SD	1.02	0.86	1.16

Mittelwerte und Standardabweichungen der richtigen Antworten in Abhängigkeit von Gesichtsfeldbedingung und Geschlecht.

14.1.2. Experiment mit verbalem Material, sequentielle Darbietung

Gruppe	N		EVF-BH-L	EVF-BH-R	LVF-RH	RVF-LH
Frauen	16	Mean	4.13	5.00	3.19	5.13
		SD	1.63	2.07	2.43	2.19
Männer	16	Mean	3.56	4.63	2.56	5.81
		SD	2.48	1.93	1.93	2.48
total	32	Mean	3.84	4.81	2.88	5.47
		SD	2.08	1.97	2.18	2.33

Mittelwerte und Standardabweichungen der richtigen Antworten in Abhängigkeit der Gesichtsfeldbedingung und Geschlecht.

14.1.3. Experiment mit bildhaft-verbalem Material

Gruppe			EVF-BH-G		EVF-BH-U		LVF-RH		RVF-LH	
N			ag.	bh.	ag.	bh.	ag.	bh.	ag.	bh.
Frauen	16	Mean	5.19	5.19	3.69	4.25	2.81	3.75	3.38	4.25
		SD	1.76	1.42	1.96	1.53	1.56	1.24	1.78	1.91
Männer	16	Mean	5.38	4.94	4.06	4.19	2.44	3.75	3.88	4.00
		SD	1.59	1.53	2.08	1.52	1.63	1.00	2.16	1.37
total	32	Mean	5.28	5.06	3.88	4.22	2.63	3.75	3.63	4.13
		SD	1.65	1.46	2.00	1.50	1.58	1.11	1.96	1.64

Mittelwerte und Standardabweichungen der richtigen Antworten in Abhängigkeit von Gesichtsfeldbedingung, Darstellungsart (ag. = ausgeschrieben, bh. = bildhaft) und Geschlecht.

14.1.4. Vorexperiment, bezüglich linkes Auge

Blicktendenz	N		LVF	RVF
nach rechts	8	Mean	50.38	64.88
		SD	13.50	10.12
ausgeglichen/ nach links	8	Mean	40.75	44.63
		SD	11.27	13.83
total	16	Mean	45.56	54.75
		SD	13.00	15.70

Mittelwerte und Standardabweichungen der richtig erkannten Buchstaben in Abhängigkeit von Gesichtsfeld und Blicktendenz des linken Auges.

14.1.5. Vorexperiment, bezüglich rechtes Auge

Blicktendenz	N		LVF	RVF
nach rechts	8	Mean	50.00	59.50
		SD	8.87	14.36
ausgeglichen/ nach links	8	Mean	41.13	50.00
		SD	15.45	16.41
total	16	Mean	45.56	54.75
		SD	13.00	15.70

Mittelwerte und Standardabweichungen der richtig erkannten Buchstaben in Abhängigkeit von Gesichtsfeld und Blicktendenz des rechten Auges.

14.1.6. Experiment mit verbalem Material, simultane Darbietung

Blicktendenz	N		LVF-RH	RVF-LH
nach links	8	Mean	1.50	1.63
		SD	1.20	1.41
nach rechts	11	Mean	1.64	2.18
		SD	0.81	1.17
total	17	Mean	1.58	1.95
		SD	0.96	1.27

Mittelwerte und Standardabweichungen der richtigen Antworten in Abhängigkeit von Gesichtsfeldbedingung und Blicktendenz.

14.1.7. Experiment mit verbalem Material, sequentielle
Darbietung

Blicktendenz	N		LVF-RH	RVF-LH
nach links	6	Mean	2.83	4.17
		SD	2.48	2.14
nach rechts	4	Mean	2.75	5.50
		SD	1.71	1.73
total	10	Mean	2.80	4.70
		SD	2.10	2.00

Mittelwerte und Standardabweichungen der richtigen Antworten in Abhängigkeit von Gesichtsfeldbedingung und Blicktendenz.

14.1.8. Experiment mit bildhaft-verbalem Material,
ausgeschriebene Darstellungsart

Blicktendenz	N		LVF-RH	RVF-LH
nach links	2	Mean	1.50	5.00
		SD	0.71	1.41
nach rechts	7	Mean	3.14	3.57
		SD	1.77	1.90
total	9	Mean	2.78	3.89
		SD	1.72	1.83

Mittelwerte und Standardabweichungen der richtigen Antworten in Abhängigkeit von Gesichtsfeldbedingung und Blicktendenz.

14.1.9. Experiment mit bildhaft-verbalem Material,
bildhafte Darstellungsart

Blicktendenz	N		LVF-RH	RVF-LH
nach links	4	Mean	3.25	4.50
		SD	0.96	1.29
nach rechts	4	Mean	4.75	4.25
		SD	0.50	0.50
total	8	Mean	4.00	4.38
		SD	1.07	0.92

Mittelwerte und Standardabweichungen der richtigen Antworten in Abhängigkeit von Gesichtsfeldbedingung und Blicktendenz.

14.1.10. Hauptexperiment mit figural-räumlichem Material

Blicktendenz	N		LVF-RH	RVF-LH
nach links	6	Mean	3.33	5.50
		SD	1.63	2.07
nach rechts	10	Mean	3.70	4.80
		SD	1.57	2.66
total	16	Mean	3.56	5.06
		SD	1.55	2.41

Mittelwerte und Standardabweichungen der absoluten Fehlerwerte in Abhängigkeit von Gesichtsfeldbedingung und Blicktendenz.

14.1.11. Kontrollexperiment mit figural-räumlichem Material

Blicktendenz	N		LVF-RH	RVF-LH
nach links	6	Mean	11.33	10.00
		SD	5.32	4.94
nach rechts	3	Mean	7.00	10.33
		SD	1.73	4.04
total	9	Mean	9.89	10.11
		SD	4.81	4.40

Mittelwerte und Standardabweichungen der absoluten Fehlerwerte in Abhängigkeit von Gesichtsfeldbedingung und Blicktendenz.

14.1.12. Experiment mit verschieden kodierbarem Material

Blicktendenz	N		LVF-RH	RVF-LH
nach links	8	Mean	8.63	8.88
		SD	0.92	0.83
nach rechts	7	Mean	7.29	8.57
		SD	1.50	0.79
total	15	Mean	8.00	8.73
		SD	1.36	0.80

Mittelwerte und Standardabweichungen der Punktwerte in Abhängigkeit von Gesichtsfeldbedingung und Blicktendenz.

14.1.13. "Quadranteneffekte"

Quadrant		EVF-BH-L	EVF-BH-R	LVF-RH	RVF-LH
oben	Mean	2.06	2.22	1.53	2.50
	SD	1.34	1.16	1.32	1.39
unten	Mean	1.78	2.59	1.35	2.97
	SD	1.01	1.21	1.18	1.20
total	Mean	3.84	4.81	2.88	5.47
	SD	2.08	1.97	2.18	2.33

Mittelwerte und Standardabweichungen der richtigen Antworten in Abhängigkeit der Gesichtsfeldbedingung und des Quadranten, in dem das erste Adjektiv projiziert wurde. N = 32.

14.2. STIMULUSMATERIAL14.2.1. Adjektivpaare des Experimentes mit verbalem Material, simultane Darbietung

Auflistung der Stimuli, gegliedert nach Gesichtsfeldbedingung und innerhalb der Tabellen nach Antwortkategorie. Das erste Mitglied jedes Adjektivpaares wurde bei EVF-BH im LVF, bei LVF-RH und RVF-LH oben im Gesichtsfeld gezeigt, vice versa für das zweite. Unter Position (Pos.) ist die Stellung des Items innerhalb der Zufallsreihenfolge angegeben. Bei den Schwierigkeitsindizes (P) bedeutet .88, dass 88% der Versuchspersonen dieses Item richtig beantwortet haben.

EVF-BH											
Gegenteil				verwandt/ähnlich				keine Beziehung			
Pos.		P		Pos.		P		Pos.		P	
1	lang	kurz	.88	2	lieb	nett	.53	11	laut	eben	.44
7	böse	brav	.31	5	matt	faul	.34	17	hoch	matt	.78
10	voll	leer	.88	19	fest	hart	.59				
12	rau	glatt	.66	20	heiss	warm	.66				

LVF-RH											
Gegenteil				verwandt/ähnlich				keine Beziehung			
Pos.		P		Pos.		P		Pos.		P	
8	hart	weich	.19	6	gelb	blau	.56	13	nett	leer	.44
18	kalt	warm	.44	16	brav	treu	.06				

RVF-LH									
Gegenteil				verwandt/ähnlich				keine Beziehung	
Pos.			P	Pos.			P	Pos.	P
3 wild	zahn		.44	4 kalt	eisig		.09	15 lang	blau .72
14 tief	hoch		.41	9 fern	weit		.22		

14.2.2. Adjektivpaare des Experimentes mit verbalem Material, sequentielle Darbietung

Auflistung der Stimuli, gegliedert nach Gesichtsfeldbedingung und innerhalb der Tabellen nach Antwortkategorie. Das erste Mitglied jedes Adjektivpaares wurde bei EVF-BH-L und EVF-BH-R im LVF, bei LVF-RH und RVF-LH oben im Gesichtsfeld gezeigt, vice versa für das zweite. Unter Position (Pos.) ist die Stellung des Items innerhalb der Zufallsreihenfolge angegeben. Bei den Schwierigkeitsindizes (P) bedeutet .31, dass 31% der Versuchspersonen dieses Item richtig beantwortet haben.

EVF-BH-L									
Gegenteil				verwandt/ähnlich				keine Beziehung	
Pos.			P	Pos.			P	Pos.	P
5 hart	weich		.31	6 dick	fett		.66	1 laut	voll .47
9 brav	böse		.28	10 nett	lieb		.50	34 oval	wild .28
27 nahe	weit		.22	11 grob	derb		.13		
28 tief	hoch		.59	35 heiss	warm		.41		

EVF-BH-R

Gegenteil				verwandt/ähnlich				keine Beziehung			
Pos.			P	Pos.			P	Pos.			P
8	lang	kurz	.81	20	fein	zart	.47	12	nett	leer	.25
15	wild	zahn	.63	24	fern	weit	.19	23	klar	fest	.59
22	dünn	dick	.72	32	müde	matt	.34				
40	leise	laut	.75	39	kalt	eisig	.06				

LVF-RH

Gegenteil				verwandt/ähnlich				keine Beziehung			
Pos.			P	Pos.			P	Pos.			P
4	rauh	glatt	.22	3	oval	rund	.38	7	zahn	weit	.25
26	trüb	klar	.16	25	blöd	dumm	.13	14	hoch	dick	.38
36	warm	kalt	.50	30	matt	faul	.16				
37	nahe	fern	.16	31	leise	still	.56				

RVF-LH

Gegenteil				verwandt/ähnlich				keine Beziehung			
Pos.			P	Pos.			P	Pos.			P
13	grob	fein	.31	18	kalt	kühl	.66	2	lang	dumm	.44
16	voll	leer	.72	19	hart	fest	.31	29	fett	kurz	.66
17	klein	gross	.84	21	lieb	brav	.28				
38	spät	früh	.66	33	still	ruhig	.59				

14.2.3. Komposita des Experimentes mit bildhaft-verbalem Material

Auflistung der Stimuli, gegliedert nach Gesichtsfeldbedingung. Die erste Tabelle bezieht sich auf die ausgeschriebene Darstellungsart, die zweite auf die bildhafte Darstellungsart. Unter Position (Pos.) ist die Stellung des Items innerhalb der Zufallsreihenfolge angegeben. Bei den Schwierigkeitsindizes (P) bedeutet .81, dass 81% der Versuchspersonen dieses Item richtig beantwortet haben.

ausgeschrieben			
EVF-BH-G	10 Kochtopf	.81	27 Brieftaube .69
	11 Dachstuhl	.81	30 Löwenzahn 1.00
	23 Brotkorb	.72	35 Bergkamm .41
	25 Glasauge	.84	
EVF-BH-U	9 Hasenherz	.38	22 Ankerkette .41
	13 Hausmann	.59	32 Fusspilz .75
	15 Autokerze	.47	42 Hosenkнопf .78
	16 Zeltdach	.50	
LVF-RH	4 Zaunkönig	.41	38 Fussball .78
	28 Nasenbein	.06	43 Hausboot .38
	29 Handschuh	.44	47 Kochbuch .50
	34 Briefwaage	.06	
RVF-LH	1 Fussnote	.63	20 Baumwolle .88
	7 Vogelkäfig	.63	40 Sternbild .13
	12 Baumsäge	.47	48 Sägeblatt .41
	18 Zahnglas	.50	

bildhaft		
EVF-BH-G	54 Kochtopf .97	56 Brieftaube .75
	19 Dachstuhl .50	5 Löwenzahn .78
	37 Brotkorb .91	49 Bergkamm .44
	46 Glasauge .72	
EVF-BH-U	17 Hasenherz .75	52 Ankerkette .59
	3 Hausmann .59	53 Fusspilz .69
	55 Autokerze .59	26 Hosenknopf .59
	41 Zeltdach .41	
LVF-RH	6 Zaunkönig .69	14 Fussball .97
	50 Nasenbein .09	45 Hausboot .19
	44 Handschuh .88	36 Kochbuch .75
	21 Briefwaage .19	
RVF-LH	31 Fussnote .78	39 Baumwolle .53
	24 Vogelkäfig .78	8 Sternbild .38
	51 Baumsäge .50	33 Sageblatt .44
	2 Zahnglas .72	

LEBENS LAUF

Am 15. Juni 1953 wurde ich in Zürich geboren. Hier besuchte ich die Primar- und Sekundarschule sowie das Wirtschaftsgymnasium, Handelsmaturität im Herbst 1972. Nach etwas praktischer Arbeit immatrikulierte ich mich im Herbst 1973 an der Universität Zürich, zunächst ein Semester für Romanistik, dann 13 Semester für Psychologie. Das Hauptfach belegte ich mit Angewandter Psychologie (Prof. F. Stoll) und Anthropologischer Psychologie (Prof. D. von Uslar), erstes Nebenfach Sozialpsychologie (Prof. G. Schmidtchen), zweites Nebenfach Publizistik (Prof. U. Saxer). In der Lizentiatsarbeit befasste ich mich mit der "Strukturanalyse und Itemanalyse neuropsychologischer Testresultate". Studienabschluss im Juni 1980.

Nach einem kurzen Auslandsaufenthalt wandte ich mich wieder der Neuropsychologie zu. Zwischen September 1981 und Oktober 1986 arbeitete ich als klinischer und wissenschaftlicher Assistent bei Professor Etienne Perret an der Neuropsychologischen Abteilung der Neurologischen Klinik des Universitätsspitals Zürich.

